



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA
CURSO GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA QUÍMICA

ANA CAROLINA COUTO DE OLIVEIRA
BRENO ROSSI CELESTINO MACHADO
MATHUR BENEDETI MENDES
RAQUEL STAVALE SCHIMICOSKI
TIAGO DE ÁVILA PALHARES

PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE IBUPROFENO VIA SÍNTESE VERDE

Brasília
Dez/2016

ANA CAROLINA COUTO DE OLIVEIRA
BRENO ROSSI CELESTINO MACHADO
MATHUR BENEDETI MENDES
RAQUEL STAVALE SCHIMICOSKI
TIAGO DE ÁVILA PALHARES

PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE IBUPROFENO VIA SÍNTESE VERDE

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: José Joaquín Linares León

Brasília

Dez/2016

PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE IBUPROFENO VIA SÍNTESE VERDE

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Aprovado em: ____ de _____ de ____.

BANCA EXAMINADORA

Professor Dr. Alexandre Perez Umpierre - UnB

Professor Dr. Fábio Moreira da Silva - UnB

Professor Dr. José Joaquín Linares León - UnB

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos pais e amigos pelo incentivo e apoio em toda a trajetória de curso. Aos professores que nos auxiliaram, especialmente ao Professor José Joaquín pelas infindáveis horas de orientação. Ao Instituto de Química e à Universidade de Brasília como um todo pela estrutura e suporte a nossa formação.

RESUMO

O ibuprofeno é um fármaco anti-inflamatório não esteroide utilizado para tratamento de dores, febre e inflamação. Devido sua ampla aplicabilidade, é o quinto remédio mais comercializado no mundo e, por isso, é um mercado com grande movimentação econômica. O presente estudo visa à análise da implantação de uma planta industrial de fabricação do fármaco, utilizando uma rota sintética ganhadora do *Presidential Green Chemistry Challenge*, de 1997, com geração de resíduos virtualmente nula, aproveitando ao máximo o potencial atômico dos reagentes. Através do projeto e dimensionamento da planta, percebe-se a incrível rentabilidade de uma pequena fábrica, além da redução de emissão e reaproveitamento dos compostos químicos.

ABSTRACT

Ibuprofen is a nonsteroidal anti-inflammatory drug used for treating pain, fever and inflammation. Due to its wide applicability, it's the fifth most commercialized drug in the world, therefore it's a large economic market. This study aims to implant an industrial plant of ibuprofen production, using the *Presidential Green Chemistry Challenge* (1997) synthetic route, generating virtually no waste, taking advantage of the atomic potential of the reactants. Through the plant design and sizing, it's noticeable the incredible profitability of a small factory, besides the emission reduction and reuse of chemical compounds.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Doses de ibuprofeno recomendadas. Fonte: Adaptada de BUSHRA, 2010.	19
Tabela 2 - Reagentes - Etapa 1	26
Tabela 3 - Composição produtos – Etapa 1	26
Tabela 4 - Reagentes - Etapa 1.1	27
Tabela 5 - Produtos - Etapa 1.1	27
Tabela 6 - Reagentes - Etapa 2	28
Tabela 7 - Reagentes - Etapa 3	29
Tabela 8 - Tanque de armazenagem de HF	31
Tabela 9- Tanque de armazenagem de Isobutilbenzeno	31
Tabela 10 - Tanque de armazenagem de Anidrido Acético	31
Tabela 11 - Tanque de armazenagem de Hidróxido de Potássio	32
Tabela 12 - Tanque de armazenagem de Acetato de Etila	32
Tabela 13 - Tanque de armazenagem de Monóxido de Carbono	32
Tabela 14 - Tanque de armazenagem de Benzeno	33
Tabela 15 - Tanque de armazenagem de Ácido Clorídrico	33
Tabela 16 - Tanque de armazenagem de Ibuprofeno	33
Tabela 17 - Dimensões Reator 1 – Etapa 1: Acilação.	34
Tabela 18 - Dimensões Reator de Neutralização - Etapa 1.1.	35
Tabela 19 - Dimensões Reator 2 – Etapa 2: Hidrogenação.	35
Tabela 20 - Dimensões Reator 3 – Etapa 3: Carbonilação.	35
Tabela 21 - Temperaturas dos fluidos de serviço e de processo do E-1	42
Tabela 22 - Dados da corrente de processo do E-1	42
Tabela 23 - Temperaturas dos fluidos de serviço e de processo do E-2	43
Tabela 24 - Dados da corrente de processo do E-2	43
Tabela 25 - Temperaturas dos fluidos de serviço e de processo do E-7	45
Tabela 26 - Dados da corrente de processo do E-7	45
Tabela 27 - Decantador 1 – Etapa 1.2	46
Tabela 28 - Decantador 2 – Etapa 3.1	47
Tabela 29 - Condições de operação e desenho das colunas.	56
Tabela 30 - Relação número de pratos e razão de refluxo da coluna 1.	57
Tabela 31-Propriedades Colunas.	58

Tabela 32-Cálculos para os diâmetros das colunas.	61
Tabela 33 - Condições de operação e desenho nos acumuladores das colunas	63
Tabela 34 -Dimensionamento recipientes pulmão.	63
Tabela 35-Dados correntes de processo e de serviço dos trocadores da coluna.	65
Tabela 36- Vazão mássica e calor específico da corrente de processo de cada trocador.	65
Tabela 37- Dimensionamento trocadores de calor das colunas.	66
Tabela 38 - Lista de alarmes	75
Tabela 39 - Lista de alarmes nos recipientes	75
Tabela 40 - Lista de alarmes dos trocadores de calor	76
Tabela 41 - Lista de alarmes dos filtros	77
Tabela 42 - Lista de alarmes das bombas	77
Tabela 43- Lista de encravamentos	78
Tabela 44 - Lista de válvulas de segurança	81
Tabela 45 - Vazões de descarga das válvulas de segurança	81
Tabela 46-Estimação custo dos equipamentos.	84
Tabela 47-Custo estimado para materiais.	86
Tabela 48 - Custos Catalisadores.	87
Tabela 49 - Custo engenharia de processos.	87
Tabela 50 - Gastos com a engenharia de detalhe.	87
Tabela 51 - Custos construção e supervisão.	88
Tabela 52 - Custo ISBL.	88
Tabela 53 - Custos off-sites.	89
Tabela 54 - Valores para o método das porcentagens.	89
Tabela 55 - Cálculo capital de giro.	90
Tabela 56 - Custo Total do investimento.	91
Tabela 57 - Preço produtos e serviços da planta.	92
Tabela 58 - Valores vendas anuais.	93
Tabela 59 - Custos anuais.	94
Tabela 60- Custo eletricidade	96
Tabela 61-Consumo ar de instrumentação.	97
Tabela 62- Custo água de refrigeração.	97
Tabela 63- Consumo vapor de aquecimento e amônia.	98

Tabela 64 - Dados para cálculo do VAL	100
Tabela 65 - Resultado VAL.	101
Tabela 66 - Fluxo de caixa.	102
Tabela 67-Valor TIR	104
Tabela 68-Valor imobilizado com 300% a mais de investimento.	104
Tabela 69 - Fluxo de caixa para investimento 300% maior.	105
Tabela 70-VAL 300% a mais de investimento.	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Composição de medicamentos.	12
Figura 2 - Setor secundário da indústria farmacêutica. Fonte: Própria.	13
Figura 3 - Estrutura química do ibuprofeno. Fonte: BUSHRA, 2010.	18
Figura 4 - Enantiômeros do Ibuprofeno. Fonte: RUBIO POLÁN,2014.	19
Figura 5 - Objetivos da química verde. Fonte: Química Verde: Princípios e Aplicações (2015).	21
Figura 6 - Síntese marrom do ibuprofeno, Processo Boots.Fonte: Green Chemistry: New Methods for Organic Synthesis and Applications.	23
Figura 7 - Síntese verde do ibuprofeno (BHC). Fonte: RUBIO POLÁN,2014.	24
Figura 8 - Diagrama de blocos - Produção de ibuprofeno	25
Figura 9 - Reação de Friedel-Crafts - Acilação. Fonte: RUBIO POLÁN,2014.	26
Figura 10 - Hidrogenação. Fonte: RUBIO POLÁN,2014.	28
Figura 11 - Carbonilação. Fonte: RUBIO POLÁN,2014.	28
Figura 12 - Fluxo concorrente de trocadores de calor. Fonte: ÇENGEL, 2007.	36
Figura 13 - Fluxo contra corrente de trocadores de calor.Fonte: ÇENGEL, 2007.	37
Figura 14 - Fator de correção de trocadores de calor.Fonte: ÇENGEL, 2007.	40
Figura 15 - Tanque de decantação gravitacional. Fonte: WARREN, 1998.	46
Figura 16- Esquema de um filtro prensa	49
Figura 17 – Número de pratos teóricos versus Razão de Refluxo da coluna 1	57
Figura 18 – Número de pratos teóricos versus Razão de Refluxo da coluna 2	58
Figura 19 – Correlação geral da queda de pressão (TOWLER, 2008)	59
Figura 20 – Dados de projeto para vários recheios (TOWLER, 2008)	60
Figura 21 – Valores típicos de HETP (KISTER, 1992)	61
Figura 1 - Componentes da bomba. CREMASCO,2002	68
Figura 2 - Tipos de bomba rotativa. Fonte: CREMASCO,2002.	69
Figura 22 -Válvula de segurança (CABRA, 2010)	79
Figura 23 - Evolução dos fluxos de caixa.	103
Figura 24 - Fluxo de caixa acumulado	103
Figura 25 - Fluxo de caixa acumulado com 300% a mais de investimento.	106
Figura 26 - Sensibilidade ao câmbio do dólar	107
Figura 27 - Custo dos equipamentos. Fonte : TOWLER,2008.	108
Figura 28- Custo dos equipamentos. Fonte:TOWLER,2008.	109

SUMÁRIO

A INDÚSTRIA FARMACÊUTICA E O CONCEITO DE FÁRMACO	12
INDÚSTRIA FARMACÊUTICA NO BRASIL E NO MUNDO	14
MEDICAMENTOS ANTI-INFLAMATÓRIOS NÃO ESTEROIDES	16
O IBUPROFENO	18
SÍNTESE VERDE DO IBUPROFENO	21
METODOLOGIA	25
DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS	30
ANÁLISE DE IMPACTO AMBIENTAL DOS RESÍDUOS GERADOS	71
ANÁLISE DE SEGURANÇA	73
AVALIAÇÃO ECONÔMICA	82
CONCLUSÃO	110
ANEXO I - FOLHAS DE ESPECIFICAÇÃO	111
REFERÊNCIAS	252

A INDÚSTRIA FARMACÊUTICA E O CONCEITO DE FÁRMACO

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) define fármaco como a substância principal da formulação do medicamento, responsável pelo efeito terapêutico. Segundo a agência, um fármaco consiste em um composto químico obtido por extração, purificação, síntese ou semi-síntese. A mesma define excipiente como substância farmacêutica auxiliar que é inativa do ponto de vista farmacológico e permite que o princípio ativo tenha uma determinada forma farmacêutica.

É importante ressaltar a diferença entre fármaco e medicamento. Medicamento é definido pela Anvisa como forma farmacêutica acabada, contendo o princípio ativo ou fármaco, apresentado em variadas formas farmacêuticas: cápsula, líquido, comprimido, etc. Ou seja, o medicamento é uma forma combinada de fármaco ou princípio ativo e excipientes na forma em que será consumido.

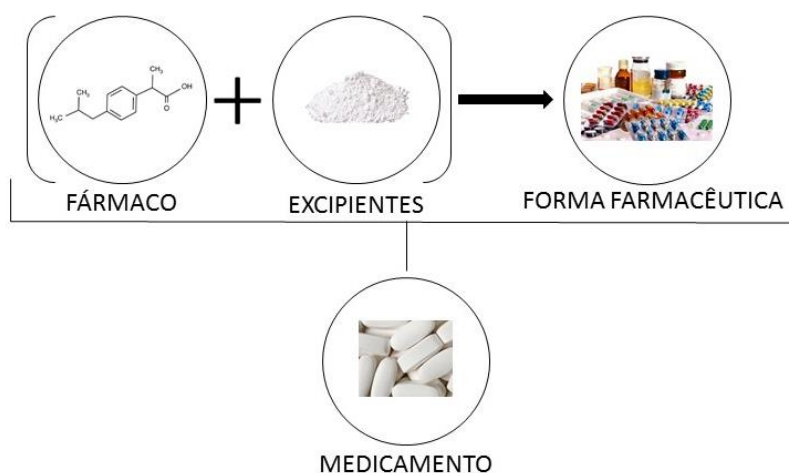


Figura 1 – Composição de medicamentos.

A indústria farmacêutica é dividida em dois estágios de produção: primária e secundária.

O setor primário é dedicado à produção dos princípios ativos e outros componentes básicos. Em geral, processos desse setor são realizados por demanda, ou seja, o princípio ativo é produzido em campanhas de forma a reduzir os custos com limpeza e tempos de início e fim de produção que são necessários para garantir a qualidade do produto e evitar contaminação cruzada (CIAVOTTA, 2009).

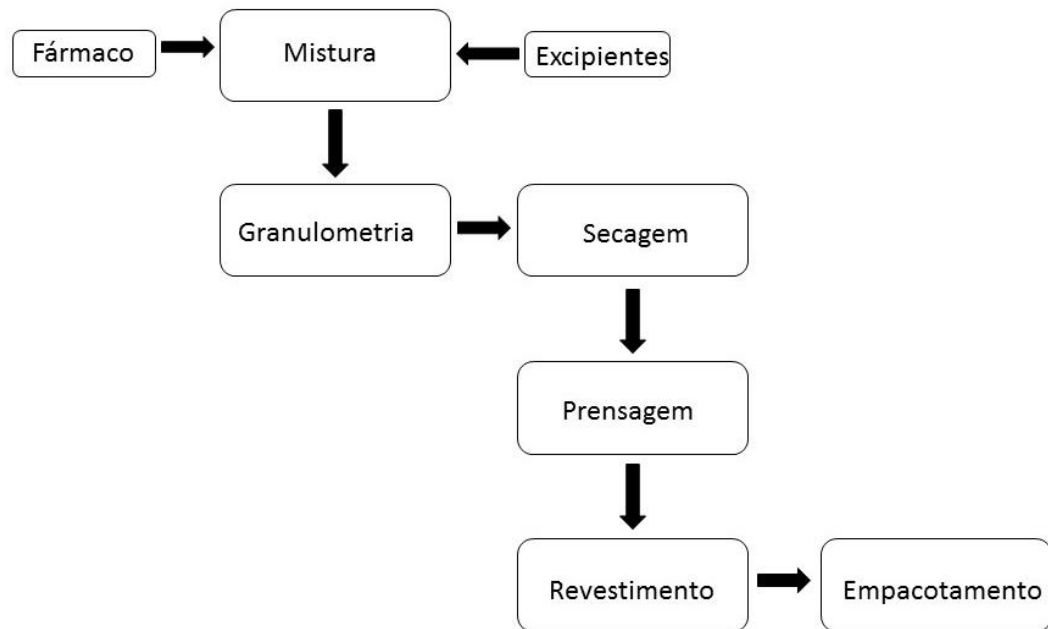


Figura 2 - Setor secundário da indústria farmacêutica. Fonte: Própria.

O setor secundário da indústria farmacêutica tem como objetivo o medicamento, produto final. O princípio ativo e os excipientes processados para produção de diferentes formas farmacêuticas, de maneira a produzir o produto embalado e pronto para consumo. No caso da produção de comprimidos, os fármacos e os excipientes são misturados, sua granulometria é controlada a um valor pré-estabelecido e a mistura é secada. A seguir, é feita a prensagem no formato dos comprimidos, que são revestidos em seguida e embalados.

INDÚSTRIA FARMACÊUTICA NO BRASIL E NO MUNDO

Uma das principais características da indústria farmacêutica no mundo é sua concentração na chamada tríade (América do Norte, Europa Ocidental e Japão) que representa 87% das vendas mundiais. A revista Forbes listou em 2015 as maiores empresas farmacêuticas do mundo colocando Johnson & Johnson, Pfizer, Novartis, Merck e Roche nos primeiros cinco lugares, das quais as duas primeiras são americanas e as seguintes europeias. De acordo com a revista as empresas da lista completa representam receitas combinadas de US\$ 39 trilhões e lucros de US\$ 3 trilhões.

Alguns autores apontam como fatores para esta concentração de poder no setor o custo da P&D, cujos investimentos representam mais de 15% do faturamento nas líderes do setor; economias de escala, papel da demanda, condições de oportunidade, e descontinuidade no processo de pesquisa. Outro fator apontado como de suma importância é o impacto causado pela extensão dos períodos de patente.

No Brasil, o início da indústria farmacêutica se deu na década de 1930. O capital nacional era responsável por apenas 14% da produção brasileira de medicamentos. No início da década de 1990, grandes mudanças institucionais favoreceram a indústria farmacêutica no país. Seguindo a lógica da liberalização comercial, foram feitas reduções das tarifas de importação de fármacos e medicamentos e foram eliminadas restrições e proibições à importação de insumos farmacêuticos. Nesta década a concorrência entre os grandes laboratórios multinacionais foi intensificada em função dos custos crescentes em pesquisa, desenvolvimento de inovação dos medicamentos e do avanço dos medicamentos genéricos nos principais mercados mundiais (SANTOS,2012).

A partir da Lei de Patentes de 1997 e a aprovação da Lei de Genéricos em 1999, o mercado de fármacos no Brasil se tornou mais semelhante ao de outros países onde alguns produtos são favorecidos por patentes e comercializados sob uma nova marca e outras mercadorias cujas patentes expiraram são comercializadas como genéricas ou similares (TEIXEIRA, 2014).

De acordo com a IMS Health, o aumento da renda dos consumidores, a ampliação dos planos privados de saúde e o envelhecimento da população devem fazer com

que a indústria farmacêutica movimentou R\$ 87 bilhões em 2017. Segundo dados levantados pela consultoria a pedido da Associação Brasileira das Indústrias de Medicamentos Genéricos (PróGenéricos), o setor farmacêutico movimentou 55,89 bilhões de reais no Brasil entre janeiro e setembro de 2015, o que representou um crescimento de 15,01% em relação aos mesmos meses de 2014. O levantamento indica que as empresas que mais venderam no período no Brasil foram EMS, Hypermarcas, Sanofi, Novartis e Aché das quais as duas primeiras são empresas nacionais especializadas em genéricos.

Ainda segundo a IMS Health, um dos maiores responsáveis pelo crescimento do setor no Brasil é o programa Farmácia Popular, de distribuição gratuita de medicamentos para as doenças mais comuns da população brasileira que já representava, em 2012, 7,7% do volume de doses do mercado nacional, movimentando o equivalente a R\$ 1,5 bilhão em vendas.

MEDICAMENTOS ANTI-INFLAMATÓRIOS NÃO ESTEROIDES

No início do século XX, os efeitos terapêuticos da aspirina foram reconhecidos como anti-inflamatórios, antitérmicos e analgésicos. Com o passar dos anos, foi descoberto que diversas drogas como antipirina, fenacetina, acetaminofeno (paracetamol), fenilbutazona, e, mais recentemente, os fenamatos, ibuprofeno e naproxeno mantinham efeitos terapêuticos similares. Inicialmente essas drogas se tornaram conhecidas como “tipo aspirina”. Apesar de suas diferentes estruturas químicas, esses medicamentos tem as mesmas propriedades terapêuticas(VANE,1998). Atualmente, esses medicamentos são classificados como anti-inflamatórios não esteroides (AINEs) e são utilizados principalmente no tratamento da inflamação, dor e edema, além de nas osteoartrites, artrite reumatoide e distúrbios músculo-esqueléticos (BATLOUNI, 2010).

Os AINEs formam um grupo de diversos compostos que consistem de um ou mais anéis aromáticos ligados a um grupamento ácido funcional. São ácidos orgânicos fracos, atuam especialmente em tecidos inflamados e se ligam à albumina plasmática. Esses medicamentos têm absorção rápida e completa quando feita administração oral, não atravessam imediatamente a barreira hematoencefálica e são metabolizados principalmente pelo fígado (MONTEIRO, 2008).

Os AINEs mais lipossolúveis, como o ibuprofeno, penetram facilmente no sistema nervoso central e estão associados com leves alterações no humor e na função cognitiva.

Muito vem sendo discutido a respeito dos efeitos colaterais dos AINEs. Isso deve-se ao fato de que seu principal mecanismo de ação ocorre através da inibição específica das cicloxigenases (COX-1 e COX-2) que catalisam as etapas sequenciais de síntese dos prostanóides (prostaglandinas clássicas e tromboxanos). As prostanóides tem ação vasodilatadora, sensibilizam os nociceptores e estimulam os centros hipotalâmicos de termorregulação.

Existem duas isoformas de COX. As COX-1, ditas como constitutivas, auxiliam na manutenção da integridade da mucosa gastroduodenal, homeostase vascular, agregação plaquetária e modulação do fluxo plasmático renal. A COX-2 é uma enzima indutível, geralmente indetectável na maioria dos tecidos, sua expressão é aumentada em processos inflamatórios. A grande maioria dos AINEs age de forma

reversível e não seletiva sobre as COX. Portanto, os AINEs reduzem, mas não eliminam completamente os sinais e sintomas inflamatórios (MONTEIRO, 2008).

A inibição de prostaglandinas é responsável por seus principais efeitos colaterais: gastrite, disfunção plaquetária, comprometimento renal e broncospasmo.

No entanto, há evidências de que alguns AINEs não seletivos tenham um menor potencial nefrotóxico que os outros. Baixas doses de aspirina (40 mg/dia) e de ibuprofeno parecem ser seguras, pois inibem menos a síntese de PG renal (ROSE, 2007).

De forma a evitar os efeitos colaterais das AINES tradicionais, foi desenvolvida uma série de medicamentos seletivos à COX-2 como meloxicam, nimesulida, celecoxibe, rofecoxibe, etoricoxibe, valdecoxibe, lumiracoxibe. No entanto esses medicamentos foram associados com efeitos colaterais mais sérios, envolvendo problemas cardiovasculares.

O estudo CLASS (Celecoxib Longterm Arthritis Safety Study), coordenado pela Pfizer em 2000, comparou celecoxibe com ibuprofeno e também com diclofenaco em pacientes com artrite reumatóide e osteoartrite, observando-se um aumento no número de eventos cardiovasculares, com risco relativo em 1,3% dos pacientes em uso do celecoxibe versus 1,2% com os demais AINEs (SILVERSTAIN, 2000).

Em 2004, dois estudos compararam lumiracoxibe com naproxeno e com ibuprofeno no tratamento de osteoartrite. A incidência do infarto agudo do miocárdio (IAM) foi de 0,32% com lumiracoxibe versus 0,1% com naproxeno e 0,11% com lumiracoxibe versus 0,16% com ibuprofeno, durante um ano de seguimento (FITZGERALD, 2003; SCHNITZER, 2004).

O IBUPROFENO

O ibuprofeno é um anti-inflamatório não esteroide e como outros de sua mesma classificação atua inibindo a produção de prostaglandinas, que são substâncias químicas produzidas pelo corpo que causam inflamação e contribuem para a percepção de dor pelo cérebro. Esse fármaco também reduz a febre ao bloquear a síntese de prostaglandinas no hipotálamo, que é a estrutura do cérebro responsável pela regulação da temperatura do corpo. O ibuprofeno também tem propriedades anticoagulantes. Assim como o ácido acetilsalicílico (princípio ativo da aspirina) e o Paracetamol, o ibuprofeno faz parte da lista de fármacos essenciais da Organização Mundial de Saúde (OMS) (MARQUES, 2009).

Segundo MCGETTIGAN de 100 países que possuem suas listas de fármacos essenciais no site da OMS, 90 recomendam o ibuprofeno.

Utilizando dados de 2011 da IMS Health, Palmer classificou os 20 genéricos mais vendidos do mundo colocando o ibuprofeno na quinta posição com vendas de aproximadamente US\$1,98 bilhões referentes a aquele ano. O primeiro lugar do ranking é dominado por outro anti-inflamatório não esteroide, o paracetamol, seguido por etinilestradiol, omeprazol e amoxicilina.

O desenvolvimento do ibuprofeno veio da busca por fármacos alternativos ao ácido acetilsalicílico uma vez que cerca de 15% dos pacientes apresentam intolerância a esse fármaco.

A estrutura química do ibuprofeno é apresentada na Figura 1.

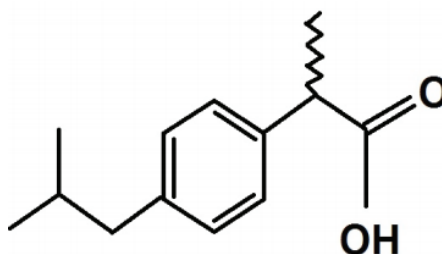


Figura 3 - Estrutura química do ibuprofeno. Fonte: BUSHRA, 2010.

A síntese do ibuprofeno gera dois enantiômeros que tem diferentes estruturas moleculares (Figura 2).

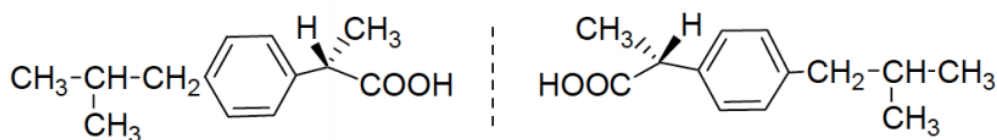


Figura 4 - Enantiômeros do Ibuprofeno. Fonte: RUBIO POLÁN,2014.

O enantiômero (S) possui atividade biológica enquanto o enantiômero (R) é farmacologicamente inativo e tóxico. Não se faz necessário a separação das estruturas moleculares dos enantiômeros já que esse é eliminado do corpo. Esta é uma das razões da dose do princípio ativo no comprimido ser alta dado que apenas uma parte da dose é do enantiômero (S).

O ibuprofeno é comercializado na forma de comprimidos de 200 a 800 mg. Em geral, a dose administrada desse fármaco é de 400 a 800 mg três vezes ao dia. É praticamente insolúvel em água, possui pKa 5,3. É bem absorvido via oral, as concentrações máximas são obtidas em 1 a 2 horas após a administração oral. Essa droga é eliminada completamente pelo metabolismo em 24 horas após a última dose. Mais de 90% da dose ingerida é excretada na urina como metabólitos ou seus conjugados. A tabela 1 indica as doses recomendadas do fármaco.

Tabela 1 - Doses de ibuprofeno recomendadas. Fonte: Adaptada de BUSHRA, 2010.

PACIENTE	OBJETIVO	DOSE
ADULTOS	Analgésico	200-400 mg. A cada 4-6 horas.
	Anti-inflamatório	300 mg, a cada 6-8 horas ou 400-800mg 3-4 vezes ao dia
	Antitérmico	5-10mg/kg. A cada 6 horas (máx 40 mg/kg por dia)
CRIANÇAS	Anti-inflamatório	20-40 mg/kg/dia dividido em 3-4 doses.

O ibuprofeno é utilizado principalmente no tratamento de dor fraca a moderada relacionada comdismenorreia, dor de cabeça, enxaqueca, dor dental pós-operatória, osteoartrite e artrite reumatóide.

No Brasil e em Portugal o ibuprofeno já é vendido como medicamento genérico, ele pode ser encontrado em sua forma simples com os nomes comerciais: Advil, Algy-Flanderil, Alivium, Artril, Buprovil, Brufen, Capfen, Dalsy, Danilon, Doraplast, Ibufren, Ibupril, Lombalgina, Maxifen, Motrin, Nurofen, Spidufen, Vantil. E conjugado com paracetamol com os nomes: Algifen, Algi-Danilon e Reuplex (PINHEIRO, 2016).

SÍNTESE VERDE DO IBUPROFENO

Um dos grandes desafios do desenvolvimento sustentável é a continuidade do desenvolvimento diminuindo os danos causados ao meio ambiente. Para que a geração de resíduos e efluentes tóxicos seja reduzida e a produção de gases indesejáveis ao ambiente seja menor se faz necessária uma conduta diferente para o aprimoramento dos processos (PRADO, 2003). Essa nova direção tomada pela química é denominada como química sustentável ou química verde, que é definida como a criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias tóxicas (TUNDO, 2000).

A química verde se preocupa com o desenvolvimento de tecnologias e processos incapazes de causar poluição. Suas iniciativas procuram englobar todas as áreas da ciência visando uma maior sustentabilidade. Além dos benefícios ambientais, a química verde gera um impacto econômico, uma vez que provoca uma diminuição de gastos com armazenamento e tratamento de resíduos, a descontaminação e o pagamento de indenizações (SILVEIRA, 2015; PRADO, 2003).



Figura 5 - Objetivos da química verde. Fonte: Química Verde: Princípios e Aplicações (2015).

O desenvolvimento da química verde implica no uso de reagentes alternativos e renováveis, com o objetivo de diminuir os reagentes tóxicos e não-biodegradáveis no ambiente; no uso de reagentes inócuos nos processos sintéticos, evitando perdas indesejáveis e aumentando o rendimento final da produção; na substituição de

solventes tóxicos por solventes alternativos; no aprimoramento de processos naturais, tais como biossíntese e biocatálise; no desenvolvimento de compostos com baixa toxicidade; o desenvolvimento de melhores condições reacionais, e na minimização do consumo de energia (SILVA, 2005). A Figura 3, ilustra os objetivos pretendidos pela química verde.

Doze princípios do desenvolvimento sustentável e da preservação do meio ambiente guiam a Química verde:

1. Prevenção da formação de resíduos;
2. Economia atômica;
3. Síntese de compostos de menor toxicidade;
4. Desenvolvimento de compostos seguros;
5. Diminuição de solventes e auxiliares;
6. Eficiência energética;
7. Uso de substâncias recicladas;
8. Redução de derivativos;
9. Catálise e biocatálise;
10. Desenvolvimento de compostos para degradação;
11. Análise em tempo real para a prevenção da poluição;
12. Química segura para a prevenção de acidentes.

A aplicação da química verde ao cotidiano é a grande barreira a ser vencida. Se faz necessário, além da formação de pessoa com consciência em um desenvolvimento sustentável e a regulamentação ambiental, o desenvolvimento de processos verdes mais econômicos para que ela se torne cotidiana nas práticas científicas e tecnológicas ao redor do planeta (PRADO,2003).

A síntese tradicional do ibuprofeno foi desenvolvida pela Companhia Boots na Inglaterra. Esse processo sintético é considerado uma síntese marrom, por ser um processo de seis passos de reações em que apenas 40% dos átomos reativos permanecem no produto final, os outros 60% se transformam em produtos secundários na forma de resíduo, utilizando uma grande quantidade de solvente, reagentes corrosivos, quantidades estequiométricas de materiais e baixo percentual atômico. A Figura 4 ilustra o processo de produção do Ibuprofeno pela Companhia Boots.

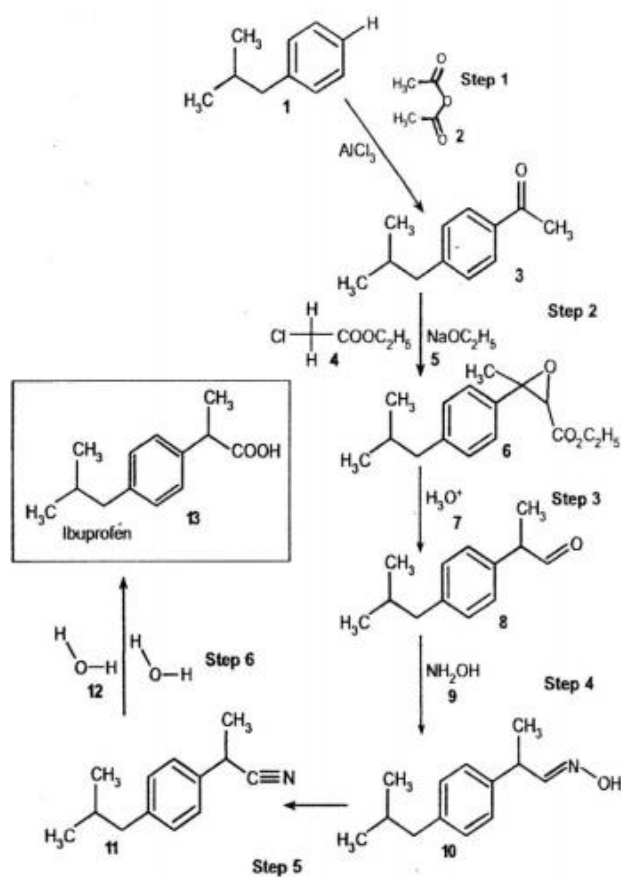


Figura 6 - Síntese marrom do ibuprofeno, Processo Boots.Fonte: Green Chemistry: New Methods for Organic Synthesis and Applications.

A Companhia BHC(união das empresas BASF e Hoeschst Celanese) vem utilizando o processo de síntese “verde” para produção do Ibuprofeno desde 1991. Essa rota sintética, apresentada na Figura 5, produz aproximadamente 25% mais produto com relação à síntese anterior, é feita em apenas três etapas via processo catalítico onde o catalisador (HF) pode ser reciclado e reutilizado no processo, o que dispensa o uso de solvente para a purificação do produto final (ORTIZ, 2007).

O desenvolvimento da síntese verde do Ibuprofeno rendeu à BHC o prêmio Greener Synthetic Pathways Award em 1997 na categoria industrial (RUBIO POLÁN,2014).

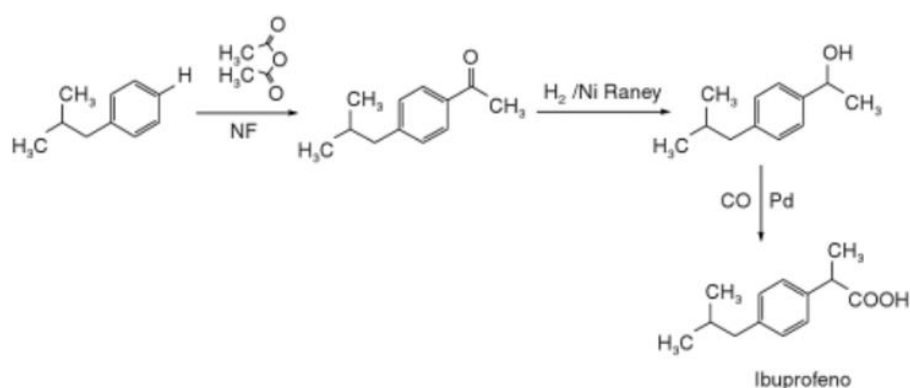


Figura 7 - Síntese verde do ibuprofeno (BHC). Fonte: RUBIO POLÁN,2014.

O princípio mais importante da química verde aplicado ao processo de produção de Ibuprofeno pela BHC é o de economia atômica.

Trost introduziu em 1991 o conceito de economia atômica, como um parâmetro para medir a eficiência sintética de uma reação. Segundo o autor, em uma reação ideal toda a massa dos reagentes estaria contida no produto, o que levaria a um melhor aproveitamento das matérias primas e a geração de menos resíduos (DA SILVA, 2005).

Parashar fez a comparação entre as porcentagens de átomos economizadas na produção de Ibuprofeno. Na síntese do Ibuprofeno proposta por Boots a massa de reagentes utilizada é 514,5 ($C_{20}H_{42}NO_{10}CN_9$) e a massa de átomos utilizada é 206 g/mol ($C_{13}H_{18}O_2$).

$$\text{Porcentagem de átomos economizada} = \frac{206}{514,5} \times 100 = 40\%$$

Já na síntese utilizada pela BHC a massa de reagentes utilizada é de 266 ($C_{15}H_{22}O_4$). enquanto a massa de átomos utilizada é a mesma, 206 g/mol($C_{13}H_{18}O_2$). Assim,

$$\text{Porcentagem de átomos economizada} = \frac{206}{266} \times 100 = 77,4\%$$

Promovendo uma economia atômica muito superior.

METODOLOGIA

Em virtude das informações citadas anteriormente, o objetivo desse trabalho é projetar um sistema de produção industrial de Ibuprofeno por meio da síntese verde proposta pela companhia BHC. As considerações utilizadas neste projeto foram feitas seguindo a Patente 4981995. Todos os equipamentos foram projetados para processo em batelada como é o procedimento padrão na indústria farmacêutica.

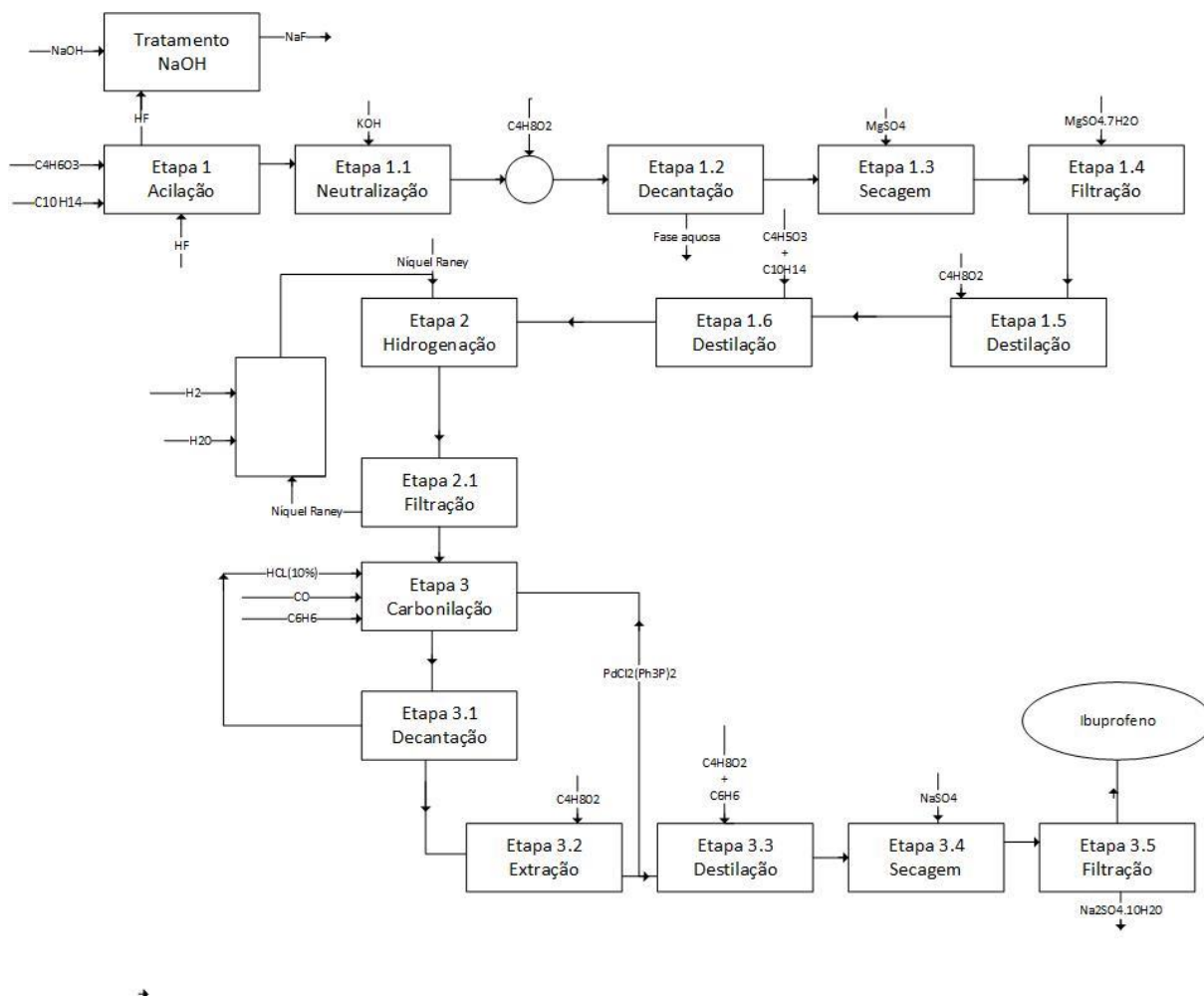


Figura 8 - Diagrama de blocos - Produção de ibuprofeno

A produção parte do isobutilbenzeno como primeiro insumo. É feita uma acilação(reação de Freidel-Crafts)com anidrido acético para obtenção da 4-isobutilacetofenona (IBAP) com conversão de 85% de isobutilbenzeno em IBAP. Como catalizador da reação é utilizado HF.

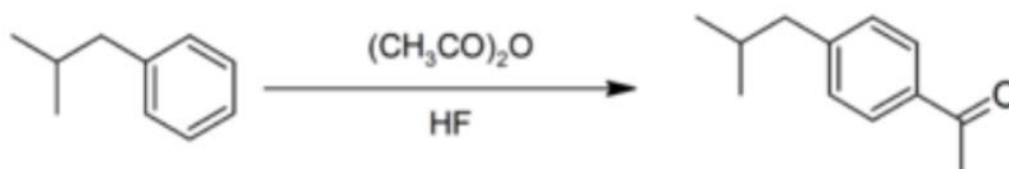


Figura 9 - Reação de Friedel-Crafts - Acilação. Fonte: RUBIO POLÁN,2014.

O projeto propõe que sejam carregados isobutilbenzeno e Anidrido acético a um reator resistente a corrosão. Esses compostos são resfriados a 5°C e a pressão é ajustada para 20 kPa. A seguir é adicionado o HF que é borbulhado com N_2 para garantir o contato do gás com a mistura reacional. A reação tem duração de 3 horas e é feita a 80°C.

Tabela 2 - Reagentes - Etapa 1

Etapa 1 - Acilação	
Temperatura (°C)	80
Pressão (kPa)	20
Reagentes	
C ₄ H ₆ O ₃	62 kg
C ₁₀ H ₁₄	40,88 kg

Tabela 3 - Composição produtos – Etapa 1

Etapa 1 - Produtos	
Composição Mássica	
C ₄ H ₆ O ₃	0,3579
C ₁₀ H ₁₄	0,0755
IBAP	0,4227
CH ₃ COOH	0,144

O HF que circula pelo reator é continuamente levado a uma torre cáustica onde é tratado com NaOH para conversão em NaF.

O produto da reação consiste em uma mistura dos reagentes não convertidos em produto, IBAP e ácido acético. Esta é encaminhada a um reator onde é neutralizada com hidróxido de potássio (KOH) a temperatura ambiente por uma hora.

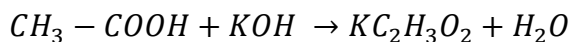


Tabela 4 - Reagentes - Etapa 1.1

Etapa 1.1 - Neutralização	
Temperatura (°C)	25
Pressão (kPa)	101,3
Reagentes	
KOH	258,8 kg

Tabela 5 - Produtos - Etapa 1.1

Etapa 1.1 - Produtos	
Composição Mássica	
C ₄ H ₆ O ₃	0,099512
C ₁₀ H ₁₄	0,020994
IBAP	0,117531
KOH	8,41E-05
CH ₃ CO ₂ K	0,022337
H ₂ O	0,674061

O produto da neutralização onde é suposta conversão de 100% contém, além dos reagentes não convertidos na primeira reação, KOH, acetato de potássio e água. A este é adicionado acetato de etila (8,264 kg) que permitirá a separação do acetato de potássio por decantação.

À fase orgânica retirada da decantação, onde se encontra o produto de interesse, é então adicionado sulfato de magnésio (MgSO₄, 24kg) para remoção da água. Dessa forma se obtém sulfato de magnésio hepta-hidratado (MgSO₄. 7H₂O) que é separado por filtração. Em seguida são feitas duas destilações, a primeira para extração do acetato de etila e a seguinte para remoção dos reagentes não convertidos da primeira reação. Desta forma, é obtido o IBAP puro.

O IBAP puro é encaminhado a um reator onde é adicionado o catalizador Níquel Raney. A reação de hidrogenação é realizada a 70°C durante 3 horas com conversão de 99%. O produto desta reação é o 1-(4'-isobutilfenil)etanol)(IBPE) misturado com o catalizador de Níquel Raney.

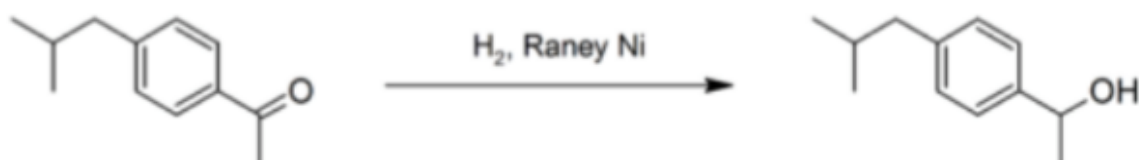


Figura 10 - Hidrogenação. Fonte: RUBIO POLÁN,2014.

Tabela 6 - Reagentes - Etapa 2

Etapa 2 – Hidrogenação	
Temperatura (°C)	70
Pressão (kPa)	101,3
Reagentes	
IBAP	43,29 kg
Níquel Raney	4,4 kg

A mistura é filtrada, o catalisador é tratado com água e H₂ e reciclado. A última etapa da síntese consiste em uma carbonilação do IBPE com monóxido de carbono em meio aquoso ácido.

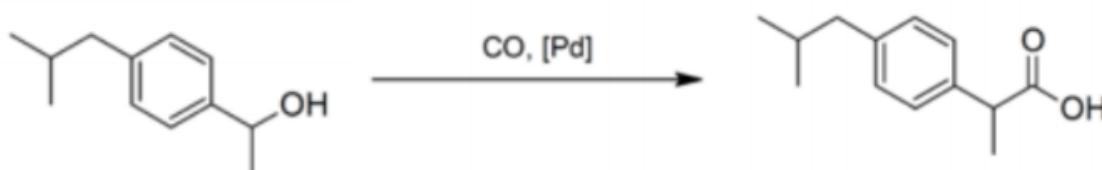


Figura 11 - Carbonilação. Fonte: RUBIO POLÁN,2014.

O meio aquoso ácido consiste em catalisador de complexo de paládio PdCl₂(PPh₃)₂, ácido clorídrico (HCl,10%) e benzeno como dissolvente orgânico de coordenação ajudando na união com o catalisador. A reação tem tempo de duração de 6 horas, é realizada a 125°C com conversão de 99%.

Tabela 7 - Reagentes - Etapa 3

Etapa 3 - Carbonilação	
Temperatura (°C)	25
Pressão (kPa)	101,3
Reagentes (kg)	
IBPE	37,54
CO	50
HCl	79,73
C6H6	89,2

A seguir, o produto da etapa de carbonilação é resfriado e levado a decantação onde o HCl é recuperado e reciclado. Na etapa seguinte, acetato de etila (224 kg) é adicionado para promover a precipitação do complexo de paládio que é precipitado puro e reciclado. O CO restante é tratado com um catalizador de platina para conversão em CO₂.

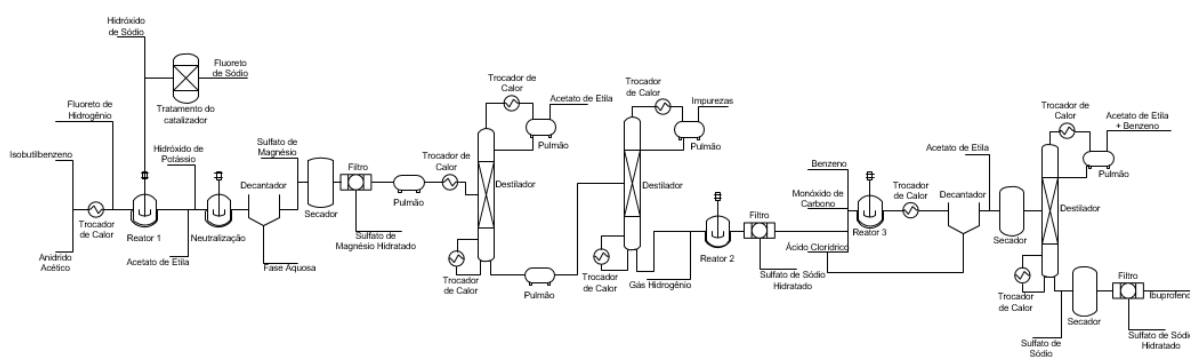
Em seguida, é feita uma destilação para remoção de acetato de etila e benzeno. A água residual é removida com sulfato de sódio (Na₂SO₄;36,5 kg), é realizada uma filtração e por fim, são obtidos 42,52 kg de ibuprofeno puro.

DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS

Os processos de fabricação na indústria farmacêutica são diversos e complexos, exigindo uma série de passos onde o produto de um passo se torna um material de partida para o passo seguinte, até que o produto farmacêutico acabado seja sintetizado.

A maioria dos produtos é produzida em uma série de reações em lote em uma campanha. Os processos de fabricação operam por períodos discretos de tempo, antes de os materiais, equipamentos e utilitários serem alterados para se prepararem para novos processos (TAIT, 1998).

Diversas plantas são projetadas para possuírem flexibilidade de produção. Ou seja, suas instalações e equipamentos de processo podem ser modificados para novos processos de fabricação.



1. TANQUES

Neste projeto foram dimensionados 10 tanques de armazenamento com dimensões para que insumos suficientes para 10 bateladas de produção fossem realizadas. Os tanques foram projetados com uma margem de segurança de 50%. Os tanques foram projetados para armazenamento a pressão atmosférica com excessão dos tanques de HF e CO que foram projetados para armazenagem a 10 Mpa.

Tabela 8 - Tanque de armazenagem de HF

Tanque 1 - HF			
Capacidade (kg)	3022	Raio	5
Densidade (kg/m³)	11,49924	Volume	523,5988
Volume (m³)	262,8		
Projeto	525,6		

Tabela 9- Tanque de armazenagem de Isobutilbenzeno

Tanque 2-C10H14			
Capacidade (kg)	408,8	Diâmetro (m)	0,68
Densidade (kg/m³)	856,8075	Altura (m)	2,72
Volume (m³)	0,47712	Volume (m³)	0,987817
Projeto	0,95424		

Tabela 10 - Tanque de armazenagem de Anidrido Acético

Tanque 3 – C4H6O3			
Capacidade (kg)	620	Diâmetro (m)	0,75
Densidade (kg/m³)	1086,499	Altura (m)	3
Volume (m³)	0,57064	Volume (m³)	1,325359
Projeto	1,14128		

Tabela 11 - Tanque de armazenagem de Hidróxido de Potássio

Tanque 4 - KOH			
Capacidade (kg)	2588	Diâmetro (m)	1,2
Densidade (kg/m³)	1037,69	Altura (m)	4,8
Volume (m³)	2,494	Volume (m³)	5,428672
Projeto	4,988		

Tabela 12 - Tanque de armazenagem de Acetato de Etila

Tanque 5 – C4H8O2			
Capacidade (kg)	2322,64	Diâmetro (m)	1,2
Densidade (kg/m³)	904,5957	Altura (m)	4,8
Volume (m³)	2,5676	Volume (m³)	5,428672
Projeto	5,1352		

Tabela 13 - Tanque de armazenagem de Monóxido de Carbono

Tanque 7 - CO			
Capacidade (kg)	500	Diâmetro (m)	3,2
Densidade (kg/m³)	10	Altura (m)	12,8
Volume (m³)	50	Volume (m³)	102,9437
Projeto	100		

Tabela 14 - Tanque de armazenagem de Benzeno

Tanque 8 – C ₆ H ₆			
Capacidade (kg)	892	Diâmetro (m)	0,9
Densidade (kg/m ³)	883,1683	Altura (m)	3,6
Volume (m ³)	1,01	Volume (m ³)	2,290221
Projeto	2,02		

Tabela 15 - Tanque de armazenagem de Ácido Clorídrico

Tanque 9 - HCl			
Capacidade (kg)	2156,6	Diâmetro (m)	1,15
Densidade (kg/m ³)	990,1745	Altura (m)	4,6
Volume (m ³)	2,178	Volume (m ³)	4,77797
Projeto	4,356		

Tabela 16 - Tanque de armazenagem de Ibuprofeno

Tanque 10 - Ibuprofeno			
Capacidade (kg)	425,2	Diâmetro (m)	0,6
Densidade (kg/m ³)	1228,902	Altura (m)	2,4
Volume (m ³)	0,346	Volume (m ³)	0,678584
Projeto	0,692		

2. REATORES

Reatores para múltiplos processos são os principais equipamentos de processo em operações de síntese química. São recipientes resistentes a pressão e reforçados com revestimentos de aço inoxidável, vidro ou ligas metálicas. Estes reatores são equipados com camisa e sistemas de aquecimento e resfriamento internos além de agitadores e entradas e saídas que os conectam a outros recipientes de processo. Podem ser operados em altas pressões ou a vácuo, dependendo das características e dos requisitos da química do processo (TAIT, 1998).

Este projeto conta com 4 reatores, sendo 3 para as etapas de síntese e um que realiza a neutralização de forma a purificar o produto da primeira etapa. De acordo com os volumes de entrada e saída destes reatores foi projetado o volume necessário e utilizando uma margem de segurança de 50% para o volume de projeto. As dimensões de diâmetro e altura apresentadas seguem a proporção h/d igual a 4. É importante observar que apesar das dimensões apresentadas no caso de construção da planta do projeto vasos com dimensões padrão de fabricação seriam utilizados buscando tamanhos similares aos projetados. As tabelas abaixo apresentam os volumes de projetos dos reatores do processo:

Tabela 17 - Dimensões Reator 1 – Etapa 1: Acilação.

Reator 1 -Acilação			
Capacidade (kg)	102,88	Diâmetro (m)	0,4
Densidade (kg/m ³)	979	Altura (m)	1,6
Volume (m ³)	0,105087	Volume (m ³)	0,201062
Projeto	0,210174		

Tabela 18 - Dimensões Reator de Neutralização - Etapa 1.1.

Reator de Neutralização – Etapa 1			
Capacidade (kg)	369,964	Diâmetro (m)	0,6
Densidade (kg/m³)	1024,831	Altura (m)	2,6
Volume (m³)	0,361	Volume (m³)	0,735133
Projeto	0,722		

Tabela 19 - Dimensões Reator 2 – Etapa 2: Hidrogenação.

Reator 2 - Hidrogenação			
Capacidade (kg)	42,78	Diâmetro (m)	0,3
Densidade (kg/m³)	1078,397	Altura (m)	1,2
Volume (m³)	0,03967	Volume (m³)	0,084823
Projeto	0,07934		

Tabela 20 - Dimensões Reator 3 – Etapa 3: Carbonilação.

Reator 3 - Carbonilação			
Capacidade (kg)	393,21	Diâmetro (m)	0,7
Densidade (kg/m³)	836,0834	Altura (m)	2,8
Volume (m³)	0,4703	Volume (m³)	1,077566
Projeto	0,9406		

3. TROCADORES DE CALOR

Em processos industriais é essencial o uso de trocadores de calor. Esses equipamentos permitem que haja a transferência de calor entre dois fluidos de forma indireta, pois essa transferência de calor ocorre através de um material sólido que possibilita a interação térmica dos fluidos. E essas operações tem como objetivo o aquecimento ou resfriamento de uma certa corrente do processo (CAO, 1983).

Nestes equipamentos tem-se a presença de duas correntes, uma com o fluido que é integrante da operação, chamado de corrente de processo, e outra com fluido que irá proporcionar a diferença térmica para que ocorra a transferência de calor, chamado de corrente de serviço (CAO, 1983).

Esta operação unitária pode ser operada em dois sentidos, fluxo concorrente ou contracorrente. Quando o trocador de calor opera com fluxo concorrente a entrada do fluido de processo e do de serviço são na mesma extremidade e fluem no mesmo sentido, como pode ser observado na figura a seguir. O comportamento da temperatura pode ser visto na figura a seguir também (CAO, 1983).

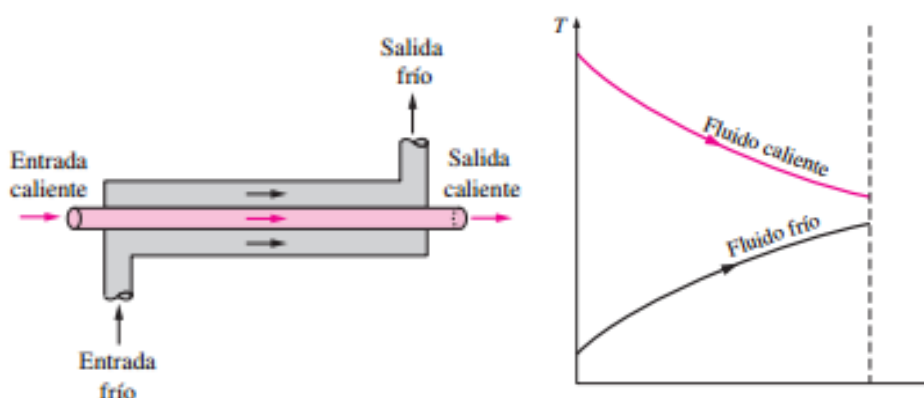


Figura 12 - Fluxo concorrente de trocadores de calor. Fonte: ÇENGEL, 2007.

E quando o equipamento opera em fluxo contracorrente a entrada do fluido de processo e de serviço são em extremidades opostas e fluem em sentidos opostos também, como pode ser observado na figura a seguir. O comportamento da temperatura pode ser visto na figura a seguir também (ÇENGEL, 2007).

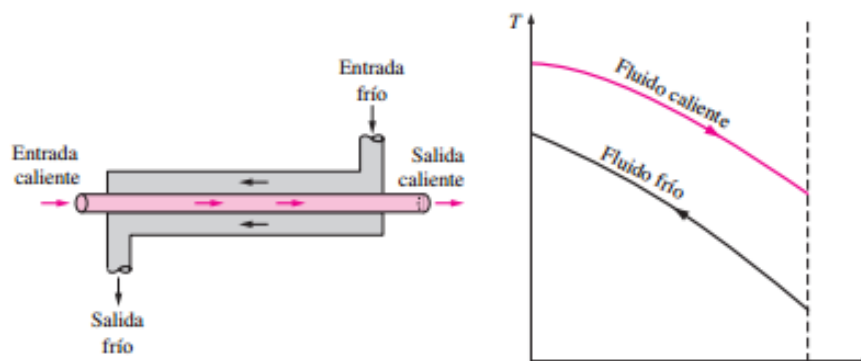


Figura 13 - Fluxo contra corrente de trocadores de calor. Fonte: ÇENGEL, 2007.

Comparando os dois tipos de operação, o que é mais eficiente é o trocador de calor que opera em fluxo contra corrente.

Os trocadores podem ser de diversos tipos, e a escolha do trocador mais adequado para cada operação depende das seguintes variáveis do processo:

- Características dos fluidos a serem usados;
- Pressão e temperatura de operação;
- Vazões das correntes que passam pelo equipamento.

Com essas variáveis definidas será possível determinar a relação geométrica do equipamento para obter maior eficiência. Dentre os tipos de trocadores de calor, o mais utilizado é de casca e tubo (TOWLER, 2008).

3.1. Cálculos Fundamentais

Ao projetar um trocador de calor é de extrema importância que sejam descobertos a área de troca térmica e, caso seja necessária, o número de tubos do trocador de calor. [4]

$$Q = U_m * A * F * \Delta T_{ml}$$

Onde,

Q : Calor transferido por unidade de tempo, $\frac{J}{s} = W$;

U_m : Coeficiente global de transferência de calor, $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$;

A : Área de troca térmica, m^2 ;

F : Fator de correção da diferença de temperatura;

ΔT_{ml} : Variação de temperatura média logarítmica, $^\circ C$.

3.1.1. Calor transferido por unidade de tempo

O calor trocado é calculado a partir de uma das correntes, quente ou fria. Sendo importante saber se o calor envolvido na troca é sensível ou latente. Se durante a troca térmica o fluido tiver a mudança de estado físico tem que utilizar a equação de calor obtido por calor sensível e por calor latente. Porém, se no decorrer da troca térmica não apresentar mudança de fase o calor será calculado somente pela equação de calor sensível (ÇENGEL,2007).

A equação para obter o calor trocado por calor sensível é a seguinte:

$$Q = m * C_p * \Delta T$$
$$\Delta T = T_e - T_s$$

Onde,

m : massa do fluido, g ;

C_p : Calor sensível do fluido à pressão constante, $\frac{J}{g \cdot ^\circ C}$;

ΔT : Variação de temperatura, $^\circ C$;

T_e : Temperatura do fluido de entrada, $^\circ C$;

T_s : Temperatura do fluido de saída, $^\circ C$.

A equação para obter o calor trocado por calor latente é a seguinte:

$$Q = m * L$$

L : Calor latente do fluido, $\frac{J}{g}$.

3.1.2. Coeficiente Global de transferência de calor

O coeficiente global depende das resistências do processo. As resistências envolvidas estão relacionadas à transferência de calor por convecção do fluido quente, à condução de calor pela parede e à troca convectiva no fluido frio. Porém a resistência térmica da parede pode ser desconsiderada por apresentar valor baixo. Além das resistências já comentadas, existem outros fatores que desfavorecem a troca de calor. Esses fatores são as possíveis incrustações formadas tanto no fluido de processo quanto no fluido de serviço. Assim essas incrustações fazem parte da equação para o cálculo do coeficiente global de transferência de calor (INCROPERA, 2008).

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_Q} + \frac{1}{h_F} + R_P + R_Q + R_F$$

Onde,

h_Q : Coeficiente de transmissão de corrente quente;

h_F : Coeficiente de transmissão de corrente fria;

R_P : Resistencia da condução do calor pela parede;

R_Q : Fator de incrustamento do fluido quente;

R_F : Fator de incrustamento do fluido frio.

3.1.3. Variação da temperatura média logarítmica

$$\Delta T_{ml} = \frac{(t_1 - T_2) - (t_2 - T_1)}{\ln \left(\frac{t_1 - T_2}{t_2 - T_1} \right)}$$

t_1 : Temperatura de entrada do fluido quente, °C;

t_2 : Temperatura de saída do fluido quente, °C;

T_1 : Temperatura de entrada do fluido frio, °C;

T_2 : Temperatura de saída do fluido frio, °C.

3.1.4. Fator de correção da diferença de temperatura

O cálculo do fator de correção é realizado por análise gráfica, sendo necessário encontrar as seguintes variáveis:

$$P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1}$$

Encontrando essas duas variáveis pode ser analisado gráfico a seguir, que relaciona as duas variáveis com o fator de correção (ÇENGEL, 2007).

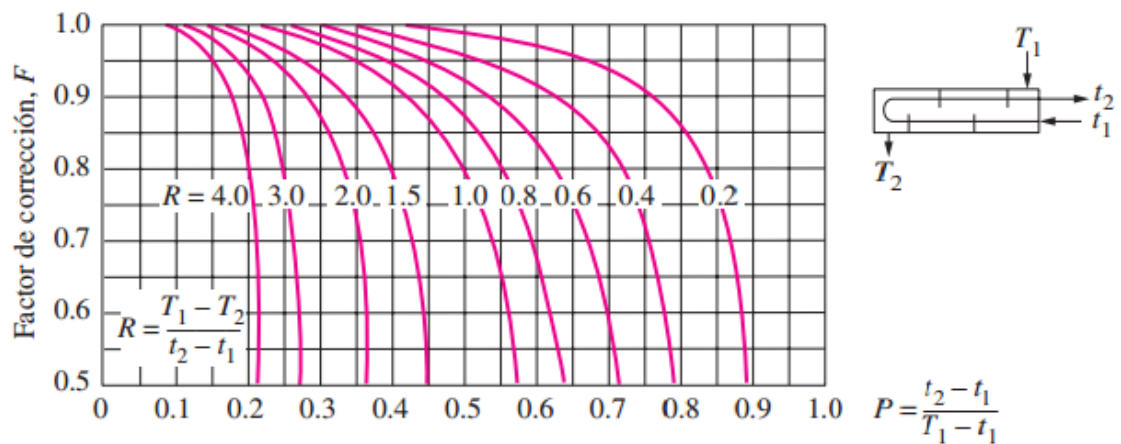


Figura 14 - Fator de correção de trocadores de calor. Fonte: ÇENGEL, 2007.

Além do método gráfico, pode ser utilizado a seguinte fórmula para encontrar o fator de correção (Towler, 2008).

$$F = \frac{\sqrt{R^2 + 1} \ln\left(\frac{1-S}{1-RS}\right)}{(R-1) \ln\left(\frac{2-S(R+1-\sqrt{R^2+1})}{2-S(R+1+\sqrt{R^2+1})}\right)}$$

3.1.5. Área de troca térmica

$$A = \frac{Q}{U_m * F * \Delta T_{ml}}$$

Após encontrar a área de troca térmica é calculado o número de tubos do trocador de calor. Para isso é necessário saber a área de cada tubo, sendo usado a seguinte equação.

$$A_{Tubo} = \pi * d * l$$

Onde,

d : Diâmetro do tubo, m ;

l : Comprimento do tubo, m .

O número de tubos é encontrado na razão entre área de troca térmica e área do tubo.

$$Número\ de\ tubos = \frac{A}{A_{Tubo}}$$

3.2. Projeto do trocador de calor E-1

O objetivo do primeiro trocador de calor da planta industrial é o resfriamento das correntes de isobutilbenzeno e anidrido acético de 25°C para 5°C. Posteriormente, a corrente de processo que saía de E-1 no reator para ocorrer a primeira reação da planta industrial.

Na corrente de serviço é utilizado amônia. O uso da amônia está relacionado com o fato de o resfriamento ocorrer a temperaturas muito baixas, assim o uso de água não é conveniente por ter a possibilidade de congelamento da corrente de serviço. E a amônia possui baixa volatilidade e ponto de ebulição, cerca de -33°C.

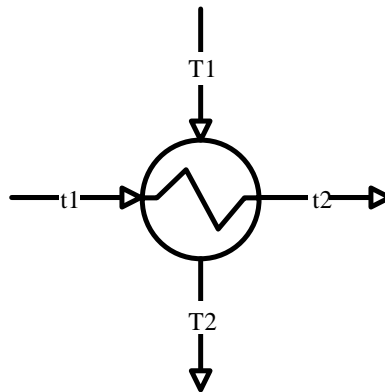


Figura. Representação do E-1.

As temperaturas das correntes e os dados da corrente de processo seguem apresentadas nas tabelas a seguir.

Tabela 21 - Temperaturas dos fluidos de serviço e de processo do E-1

	Temperatura de Entrada (°C)	Temperatura de Saída (°C)
Corrente de Processo	25°C	5°C
Corrente de Serviço	-33°C	-33°C

Tabela 22 - Dados da corrente de processo do E-1

Vazão Mássica ($\frac{Kg}{h}$)	102,88
Calor Específico C_p ($\frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$)	1,80062

3.2.1. Calor transferido pelo trocador de calor

$$Q = 3704,9639 \frac{KJ}{h}$$

3.2.2. Variação de temperatura média logarítmica

$$\Delta T_{lm} = 47,2973 ^{\circ}C$$

3.2.3. Coeficiente global de transferência de calor

O coeficiente global de transferência de calor para o trocador E-1 foi encontrado na literatura. O valor encontrado foi de $150 \frac{BTU}{hft^2\text{ }^{\circ}F}$, ao realizar a conversão das unidades para tem-se $3066099,882 \frac{J}{hm^2\text{ }^{\circ}C}$.

$$U_m = 3066099,882 \frac{J}{hm^2\text{ }^{\circ}C}$$

3.2.4. Área de troca térmica

$$A = 0,025548244 m^2$$

3.3. Projeto do trocador de calor E-2

O objetivo desse trocador de calor é o aquecimento da corrente com mistura de isobutilacetofenona e acetato de etila de $25,0728 \text{ }^{\circ}C$ para $65^{\circ}C$. Posteriormente, a corrente de processo que sai do de E-2 é levada até a alimentação do destilador para a separação dessa corrente. Na corrente de serviço é utilizado vapor de água.

As temperaturas das correntes e os dados da corrente de processo seguem apresentadas nas tabelas a seguir.

Tabela 23 - Temperaturas dos fluidos de serviço e de processo do E-2

	Temperatura de Entrada ($^{\circ}C$)	Temperatura de Saída ($^{\circ}C$)
Corrente de Processo	25,0728	65
Corrente de Serviço	70	65

Tabela 24 - Dados da corrente de processo do E-2

Vazão Mássica ($\frac{Kg}{h}$)	96,3296
Calor Específico C_p ($\frac{KJ}{Kg\text{ }^{\circ}C}$)	1,6728

3.3.1. Calor transferido pelo trocador de calor

$$Q = 6434,233 \frac{KJ}{h}$$

3.3.2. Variação de temperatura média logarítmica

$$\Delta T_{lm} = 16,81116 \text{ }^{\circ}C$$

3.3.3. Coeficiente global de transferência de calor

O coeficiente global de transferência de calor para o trocador E-2 foi encontrado na literatura. O valor encontrado foi de $600 \frac{W}{m^2 \text{ }^{\circ}C}$, ao realizar a conversão das unidades para tem-se $2160000 \frac{J}{hm^2 \text{ }^{\circ}C}$.

$$U_m = 2160000 \frac{J}{hm^2 \text{ }^{\circ}C}$$

3.3.4. Fator de correção

$$P = 0,888709$$

$$R = 0,125288$$

$$F = 0,8255$$

3.3.5. Área de troca térmica

$$A = 0,214649 \text{ m}^2$$

3.4. Projeto do trocador de calor E-7

O objetivo desse trocador de calor é o resfriamento da corrente com resultante da última reação da planta industrial de $125,0418 \text{ }^{\circ}C$ para $25,0418 \text{ }^{\circ}C$. Posteriormente, a corrente de processo que sai do de E-3 é levada até a fase final de obtenção do Ibuprofeno. Na corrente de serviço é utilizado vapor de água.

As temperaturas das correntes e os dados da corrente de processo seguem apresentadas nas tabelas a seguir.

Tabela 25 - Temperaturas dos fluidos de serviço e de processo do E-7

	Temperatura de Entrada (°C)	Temperatura de Saída (°C)
Corrente de Processo	125,0418	25,0418
Corrente de Serviço	20	25

Tabela 26 - Dados da corrente de processo do E-7

Vazão Mássica ($\frac{Kg}{h}$)	45,5103
Calor Específico C_p ($\frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$)	2,0335

3.4.1. Calor transferido pelo trocador de calor

$$Q = 9254,779 \frac{KJ}{h}$$

3.4.2. Variação de temperatura média logarítmica

$$\Delta T_{lm} = 31,7957^{\circ}C$$

3.4.3. Coeficiente global de transferência de calor

O coeficiente global de transferência de calor para o trocador E-5 foi encontrado na literatura. O valor encontrado foi de $600 \frac{W}{m^2^{\circ}C}$, ao realizar a conversão das unidades para tem-se $2160000 \frac{J}{hm^2^{\circ}C}$.

$$U_m = 2160000 \frac{J}{hm^2^{\circ}C}$$

3.4.4. Fator de correção

$$P = 0,952002$$

$$R = 0,05$$

$$F = 0,8458$$

3.4.5. Área de troca térmica

$$A = 0,159313 m^2$$

4. DECANTADORES

Um tanque de decantação gravitacional é usado para a separação contínua de dois líquidos imiscíveis de densidades diferentes. A mistura de alimentação entra uma extremidade do separador; a mistura de líquidos flui lentamente através do tanque, é separada em duas camadas, e descarregado a partir do separador localizado na outra extremidade (WARREN,1998).

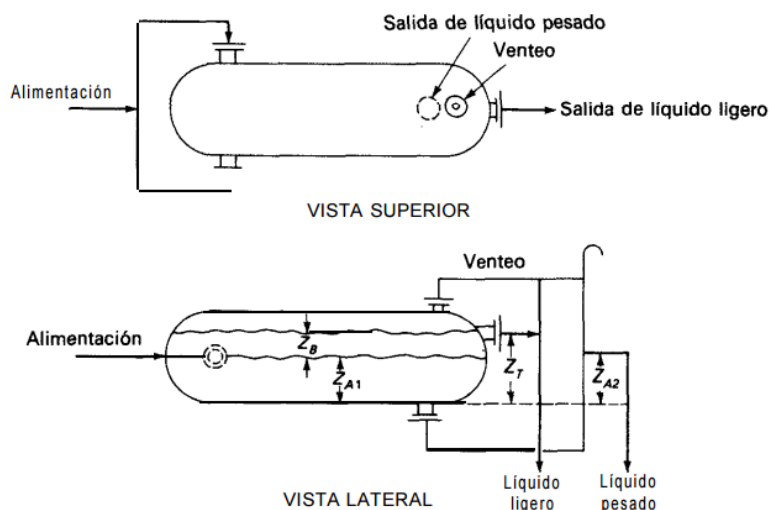


Figura 15 - Tanque de decantação gravitacional. Fonte: WARREN, 1998.

O projeto dos decantadores utilizados na etapa 1.2, com o propósito de separar o acetato de potássio formado na neutralização, e 3.1 onde é utilizado para recuperação do HCl utilizado na reação 3, foi feito em formato cilíndrico com diâmetro e altura igual. Os volumes de projeto são apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 27 - Decantador 1 – Etapa 1.2

Decantador 1 – Etapa 1.2			
Capacidade (kg)	369,964	Diâmetro (m)	0,8
Densidade (kg/m³)	1024,831	Altura (m)	0,8
Volume (m³)	0,361	Volume (m³)	0,402124
Projeto	0,3971		

Tabela 28 - Decantador 2 – Etapa 3.1

Decantador 2 – Etapa 3.1			
Capacidade (kg)	393,21	Diâmetro (m)	0,9
Densidade (kg/m³)	836,0834	Altura (m)	0,9
Volume (m³)	0,4703	Volume (m³)	0,572555
Projeto	0,51733		

5. FILTROS

A filtração consiste na separação mecânica entre as fases particulada e fluida, em determinada suspensão, através de um meio poroso, retendo a fase particulada e permitindo a passagem da fase fluida. Sua principal aplicação é a recuperação de sólidos para outras aplicações e a limpeza de líquidos.

As partículas sólidas retidas no meio filtrante formam um leito poroso por onde circula o fluido, denominada torta. A espessura dela aumenta no decorrer do processo, aumentando a resistência à passagem do fluido por consequência.

A filtração dar-se-á de algumas formas: pressão constante, vazão constante e com pressão e vazão variáveis. No caso do projeto, todos os filtros serão operados a pressão constante (CREMASCO, 2002)

Algumas propriedades são de fundamental importância para a filtração, sendo estudados para encontrar as condições ótimas, dentre elas as propriedades do fluido e a natureza do sólido, a concentração de sólido em suspensão e a vazão.

Existem diversos tipos de filtros, o mais utilizado entre os filtros de pressão em batelada e o aplicado nesse projeto é o filtro prensa de quadro e placas. Ele caracteriza-se por apresentar quadro e placas separados entre si pelo meio poroso. A suspensão é bombeada à pressão e passa pelas armações. Os sólidos se acumulam no interior desta, formando a torta, enquanto o filtrado sai pela parte inferior de cada armação. A torta é facilmente descarregada ao final de cada processo. Entre as vantagens desse processo estão a maior disponibilidade de carga, automatização e líquidos límpidos (CREMASCO, 2002).

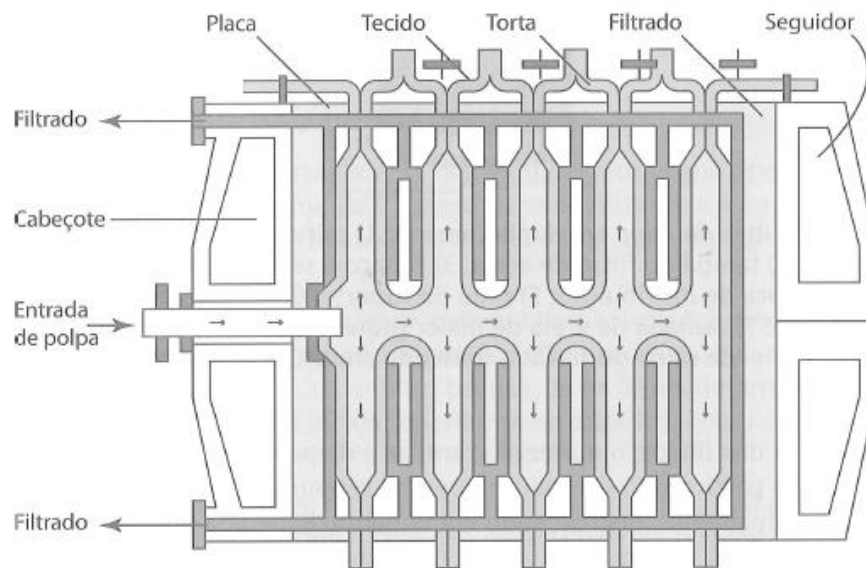


Figura 16- Esquema de um filtro prensa

As partículas filtradas são pequenas, em geral, portanto é possível considerar regime laminar durante o processo. Logo, a perda de pressão pode ser expressa por Kozeny-Karman:

$$\frac{\Delta P_{\text{torta}}}{L} = \frac{k V_0 \mu S_0^2 (1 - \varepsilon)^2}{\varepsilon^3}$$

k : Constante experimental ($k = 4,17$ para partículas distribuídas aleatoriamente de tamanho e forma definidos)

V_0 : Velocidade linear de filtrado referido à área total da superfície filtrante;

ε : Porosidade do leito;

μ : Viscosidade do líquido filtrado;

ΔP_{torta} : Perda de pressão na torta filtrante;

L é a espessura da torta;

S_0 : Superfície das partículas por unidade de volume, se esféricas: $S_0 = 6/D_P$ (D_P é o diâmetro da partícula).

Rearranjando a expressão para V_0 e explicitando V_0 em $V_0 = \frac{1}{A} \frac{dV}{dt}$.

$$\frac{1}{A} \frac{dV}{dt} = \frac{\Delta P_{\text{torta}} \varepsilon^3}{k \cdot L \cdot \mu \cdot S_0^2 \cdot (1 - \varepsilon)^2}$$

V : Volume de líquido filtrado;

A : Área total da superfície filtrante.

A massa de sólidos no meio de sólidos pode ser calculada pelo balanço dos sólidos, assim:

$$L \cdot A \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho_s = C_s \cdot (V + \varepsilon LA)$$

ρ_s : Densidade do sólido filtrado;

C_s : Concentração de sólidos por volume de líquido.

O volume de água retido na torta (εLA) é desprezível se comparado ao volume filtrado (V). Logo, substitui-se L na equação geral:

$$\frac{1}{A} \frac{dV}{dt} = \frac{\Delta P_{\text{torta}} \varepsilon^3}{k \frac{C_s \cdot V}{A \cdot \rho_s} \mu S_0^2 (1 - \varepsilon)^2}$$

Denomina-se resistência específica da torta, as variáveis que descrevem a mesma, sendo ela parâmetro importante no dimensionamento do filtro. Em geral, realiza-se um experimento de teste para a obtenção desse valor único para cada torta aplicada industrialmente.

$$\alpha = \frac{k \cdot (1 - \varepsilon) \cdot S_0^2}{\rho_s \cdot \varepsilon^3} \qquad \frac{1}{A} \frac{dV}{dt} = \frac{\Delta P_{\text{torta}}}{\frac{\alpha \cdot \mu \cdot C_s}{A} V}$$

Por definição, a expressão do fluxo apresentada em sua forma clássica é:

$$\text{fluxo} \left(\frac{\text{vazão}}{\text{área}} \right) = \frac{\text{força impulsora}}{\text{resistência}} = \frac{\Delta P_{\text{torta}}}{R}, \text{ sendo } R = \frac{\alpha \cdot \mu \cdot C_s \cdot V}{A}$$

O meio filtrante pode apresentar uma resistência, devido à espessura fictícia da torta (L_e) após um volume filtrado (V_e), esta que é uma decorrência da porosidade do leito.

$$R_f = \frac{\alpha \cdot \mu \cdot C_s \cdot V_e}{A}, \text{ logo } \frac{1}{A} \frac{dV}{dt} = \frac{\Delta P}{R + R_f} = \frac{\Delta P}{\frac{\alpha \cdot \mu \cdot C_s}{A} (V + V_e)}$$

Integrando a expressão para o projeto, tem-se:

$$\int_0^t dt = \int_0^V \frac{(V + V_e) \alpha \mu C_s}{A^2 \Delta P} dV$$

$$t = \frac{\alpha \mu C_s}{A^2 \Delta P} \cdot \frac{V^2}{2} + \frac{\alpha \mu C_s}{A^2 \Delta P} \cdot \frac{L_e A (1 - \varepsilon) \rho_s V}{C_s}$$

A expressão referente à espessura da torta pode ser considerada desprezível, visto que é muito menor que a resistência. Logo, a expressão para projeto é dada por:

$$t = \frac{\alpha \mu C_s}{A^2 \Delta P} \cdot \frac{V^2}{2}$$

Para o dimensionamento de um filtro, deve-se conhecer a natureza da torta, bem como as propriedades do fluido. Além disso, o parâmetro de projeto é a área, sendo a perda de pressão e o tempo de filtração variáveis definidas em projeto.

No caso da planta industrial, não é possível realizar os testes em bancada para determinação da resistência da torta (α), bem como a porosidade do leito (ε).

Entretanto, sabem-se valores comumente encontrados nos estudos das tortas filtrantes, grandezas essas que serão aplicadas para uma estimativa dos tamanhos dos filtros. Além disso, o cálculo será feito com base na quantidade de volume que deve ser filtrado.

$$\alpha = 2,0 \cdot 10^{11} \text{ m/kg}$$

$$\varepsilon = 0,3$$

A primeira filtração ocorre com sulfato de magnésio hidratado em um meio contendo compostos orgânicos. Sendo a perda de pressão constante em 70 kPa e o tempo de filtração é de 1 hora.

$$m = 144,33 \text{ kg} \quad \rho_s = 1160 \text{ kg/m}^3 \quad C_s = \frac{48 \text{ kg}}{0,155 \text{ m}^3} = 309,677 \text{ kg/m}^3 \quad \mu = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m.s}$$

$$V_{TS} = \frac{C_s \cdot V}{\rho_s} = 41,38 \text{ L}, \text{ sendo } V_{TS} \text{ o volume total de sólidos.}$$

O volume de líquido na torta pode ser determinado através da porosidade da mesma.

$$V_{\text{líquido}} = V_{\text{sólido}} \cdot \frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon}$$

$$V_{\text{líquido}} = 17,73 \text{ L}$$

Logo, dos 155 litros que entram no sistema.

- 1) 41,38 L são de sólidos
- 2) 17,73 L de líquidos ficam retidos na torta
- 3) 95,89 L é o volume de líquido filtrado

$$A = \sqrt{\frac{\alpha \mu C_s}{t \Delta P} \cdot \frac{V^2}{2}}$$

$$A = 1,4261 \text{ m}^2$$

A segunda filtração ocorre para a retirada do catalisador Níquel Raney na segunda etapa, em um meio contendo IBPE. Novamente, a perda de pressão é constante de 70 kPa e o tempo de filtração é de 1 hora.

$$m = 42,78 \text{ kg} \quad \rho_s = 4600 \text{ kg/m}^3 \quad C_s = \frac{4,4 \text{ kg}}{0,041 \text{ m}^3} = 107,32 \text{ kg/m}^3 \quad \mu = 1,39 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m.s}$$

$$V_{TS} = \frac{C_s \cdot V}{\rho_s} = 0,96 \text{ L}, \text{ sendo } V_{TS} \text{ o volume total de sólidos.}$$

O volume de líquido na torta pode ser determinado através da porosidade da mesma.

$$V_{líquido} = V_{sólido} \cdot \frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon}$$

$$V_{líquido} = 0,41 \text{ L}$$

Logo, dos 41 litros que entram no sistema.

- 1) 0,96 L são de sólidos
- 2) 0,41 L de líquidos ficam retidos na torta
- 3) 39,63 L é o volume de líquido filtrado

$$A = \sqrt{\frac{\alpha \mu C_s}{t \Delta P} \cdot \frac{V^2}{2}}$$

$$A = 0,3049 \text{ m}^2$$

A terceira filtração é apenas para retirar o sulfato de sódio de uma secagem no ibuprofeno puro para garantir sua total retirada de água. A perda de pressão é constante em 70 kPa e o tempo de filtração de 1 hora.

$$m = 125,29 \text{ kg} \quad \rho_s = 1464 \text{ kg/m}^3 \quad C_s = \frac{82,77 \text{ kg}}{0,124 \text{ m}^3} = 667,5 \text{ kg/m}^3 \quad \mu = 1,54 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m.s}$$

$$V_{TS} = \frac{C_s \cdot V}{\rho_s} = 56,54 \text{ L}, \text{ sendo } V_{TS} \text{ o volume total de sólidos.}$$

O volume de líquido na torta pode ser determinado através da porosidade da mesma.

$$V_{líquido} = V_{sólido} \cdot \frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon}$$

$$V_{líquido} = 24,23 \text{ L}$$

Logo, dos 41 litros que entram no sistema.

- 1) 56,54 L são de sólidos
- 2) 24,23 L de líquidos ficam retidos na torta
- 3) 43,23 L é o volume de líquido filtrado

$$A = \sqrt{\frac{\alpha \mu C_s}{t \Delta P} \cdot \frac{V^2}{2}}$$

$$A = 0,8731 \text{ m}^2$$

6. COLUNAS DE DESTILAÇÃO

Durante a síntese verde do ibuprofeno, o produto intermediário IBAP (isobutilacetofenona) deve ser purificado antes de prosseguir para a próxima etapa da produção. Como o IBAP tem uma volatilidade baixa, a purificação se procede por meio de duas colunas de destilação: a primeira remove todo o acetato de etila proveniente da etapa de extração e parte dos compostos que não foram completamente consumidos durante a primeira reação (Isobutilbenzeno e anidrido acético); a segunda coluna remove integralmente as impurezas remanescentes da primeira coluna de destilação (RUBIO POLÁN, 2014).

As colunas de destilação podem funcionar por contato gás-líquido contínuo, como em uma coluna de recheio, ou o contato pode se dar por estágios, como em uma coluna de pratos. Inicialmente, as duas colunas foram projetadas para operarem em contato por estágios. Para ambas as colunas, os cálculos preliminares indicaram valores pequenos para o diâmetro da coluna, abaixo de 30 centímetros.

Nesse caso, quando as colunas possuem diâmetro pequeno, tanto a instalação quanto a manutenção dos pratos se torna mais cara e difícil. Além disso, quando há presença de líquido corrosivo, como o anidrido acético, colunas de recheio são mais baratas e seguras, já que o acúmulo de líquido é menor do que nas colunas de pratos. Para a segunda coluna, que é operada a pressão reduzida, acrescenta-se a vantagem de que as colunas de recheio possuem uma menor queda de pressão (TOWLER, 2008).

A primeira etapa para o desenho de uma coluna empacotada é escolher um recheio adequado ao propósito. Uma escolha coerente do recheio deve levar em consideração a área de interface entre o gás e o líquido fornecida pelo recheio, a resistência ao fluxo de gás e a distribuição uniforme de líquido na superfície do recheio, e de vapor ao longo da seção transversal da coluna (TOWLER, 2008). Para as duas colunas, foi selecionado um recheio randômico (Raschig Ceramic – 1 in.), devido às seguintes vantagens:

- Baixo custo;
- Resistência à corrosão;
- Maior tempo de vida;
- Baixa queda de pressão;

- Resistente a altas temperaturas;
- Alta capacidade e maior volume livre;
- Boa distribuição líquido-gás;
- Alta transferência de massa.

Dimensionamento das colunas

O primeiro passo para o dimensionamento de uma coluna de destilação é a definição das suas condições de operação. A temperatura e a pressão de operação consideradas foram as de maior valor da coluna. Por ser um projeto conservador, tanto a pressão como a temperatura de desenho são acrescidas dos seguintes valores:

$$P_{desenho} = P_{operação} + 1,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_{desenho} = T_{operação} + 30^{\circ}\text{C}$$

Quando a pressão de desenho é inferior a 3,5 kg/cm², o equipamento deve ser projetado a 3,5 kg/cm².

Tabela 29 - Condições de operação e desenho das colunas.

	$T_{operação}$ (°C)	$T_{desenho}$ (°C)	$P_{operação}$ (kg/cm ²)	$P_{desenho}$ (kg/cm ²)
Coluna 1	170,2	200	1,89	3,68
Coluna 2	287,9	320	1,22	3,5

Altura das colunas

Para uma maior simplicidade no dimensionamento das colunas empacotadas, a coluna é tratada como uma coluna de destilação com pratos e então é usado o conceito de altura equivalente a um prato teórico (HETP), para converter o número de etapas ideais à uma altura de recheio. Portanto, é preciso encontrar o número ótimo de pratos teóricos, ou seja, o número de estágios em que os custos de operação e de imobilizado sejam mínimos. (TOWLER, 2008)

A tabela 2 mostra a razão de refluxo correspondente ao número de pratos teóricos para cada uma das colunas.

Tabela 30 - Relação número de pratos e razão de refluxo da coluna 1.

Coluna 1		Coluna 2	
Pratos teóricos	Razão de Refluxo	Pratos Teóricos	Razão de Refluxo
4	1481,2596	3	0,42787317
6	94,83614	4	0,383712514
8	14,147609	5	0,369244109
10	7,3754608	6	0,36316258
12	6,4487338	7	0,360086712
14	55,576442	8	0,358760815
		12	0,358489999
		20	0,359046633
		30	0,359603266
		40	0,359829404

A partir da tabela, foram obtidos os gráficos de número de pratos teóricos em função da razão de refluxo:

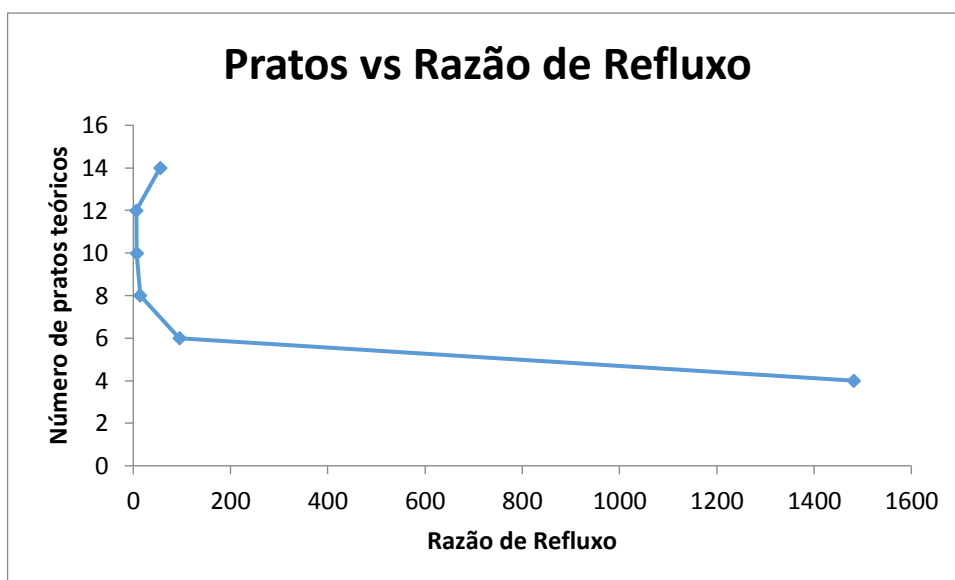


Figura 17 – Número de pratos teóricos versus Razão de Refluxo da coluna 1

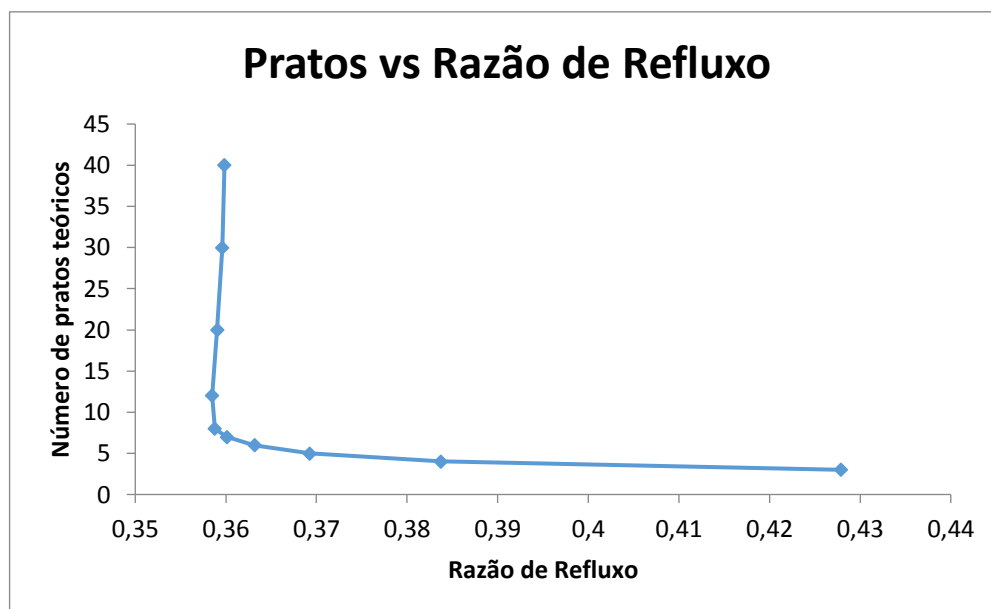


Figura 18 – Número de pratos teóricos versus Razão de Refluxo da coluna 2

A partir de um estudo econômico avaliando os gastos com equipamentos e serviços auxiliares associados, constatou-se que o número ótimo de pratos foi 12 e 5 para as colunas 1 e 2, respectivamente.

Diâmetro das colunas

Normalmente, colunas de recheio são projetadas para operar em uma alta queda de pressão que ainda garanta uma boa distribuição de líquido e gás. Um ponto de inundação consiste em uma região em que a queda de pressão aumenta rapidamente e que ocorre uma diminuição na eficiência da transferência de massa (FAIR, 1987). Além disso, essas regiões possuem tendência ao arraste de líquido. Convencionalmente, uma alta porcentagem de inundação fornece uma boa distribuição, desde que esteja abaixo de 80%.

Tabela 31-Propriedades Colunas.

	Fluxo de Vapor (m ³ /h)	Fluxo de Vapor (kg/h)	Fluxo de Líquido (m ³ /h)	Fluxo de Líquido (kg/h)	Densidade do Vapor (kg/m ³)	Densidade do Líquido (kg/m ³)
Coluna 1	34,72	129,9	0,2058	181,8	3,741	883,4
Coluna 2	31,44	247	0,41	290,3	7,855	707,7

Com os dados da tabela, é possível calcular o fator líquido-vapor da coluna:

$$F_{LV} = \frac{L}{V} \sqrt{\frac{\rho_v}{\rho_L}}$$

A máxima queda de pressão admitida é de 42 mmH₂O/m de altura de recheio. Pela figura 3, é possível obter o valor da constante K₄ para a queda de pressão admitida e para o caso de inundação e para obtenção do percentual de inundação usa-se a seguinte equação:

$$\sqrt{\frac{K_4(42 \frac{\text{mmH}_2\text{O}}{\text{m}})}{K_4(\text{inundação})}} \cdot 100\%$$

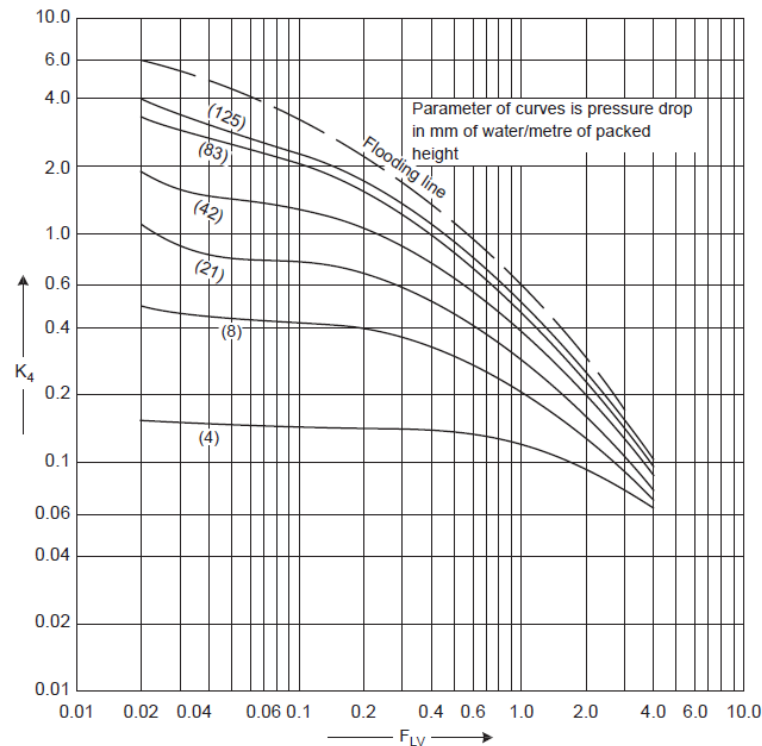


Figura 19 – Correlação geral da queda de pressão (TOWLER, 2008)

O valor para percentual de inundação obtido nas duas colunas está dentro dos limites de operação indicando uma boa eficiência de contato entre o líquido e o vapor.

Com o valor de K₄, calcula-se a vazão mássica de vapor por unidade de área, segundo a seguinte equação:

$$V_W^* = \left[\frac{K_A \rho_V (\rho_L - \rho_V)}{13,1 F_P (\mu_L / \rho_L)^{0,1}} \right]^{1/2}$$

onde F_P é o fator de empacotamento que depende do tipo e tamanho do recheio (figura 4), e μ_L é a viscosidade do líquido na temperatura de operação da coluna.

	Size		Bulk density (kg/m ³)	Surface area a (m ² /m ³)	Packing factor $F_P m^{-1}$
	in.	mm			
Raschig rings ceramic	0.50	13	881	368	2100
	1.0	25	673	190	525
	1.5	38	689	128	310
	2.0	51	651	95	210
	3.0	76	561	69	120
Metal (density for carbon steel)	0.5	13	1201	417	980
	1.0	25	625	207	375
	1.5	38	785	141	270
	2.0	51	593	102	190
	3.0	76	400	72	105
Pall rings metal (density for carbon steel)	0.625	16	593	341	230
	1.0	25	481	210	160
	1.25	32	385	128	92
	2.0	51	353	102	66
	3.5	76	273	66	52
Plastics (density for polypropylene)	0.625	16	112	341	320
	1.0	25	88	207	170
	1.5	38	76	128	130
	2.0	51	68	102	82
	3.5	89	64	85	52
Intalox saddles ceramic	0.5	13	737	480	660
	1.0	25	673	253	300
	1.5	38	625	194	170
	2.0	51	609	108	130
	3.0	76	577		72

Figura 20 – Dados de projeto para vários recheios (TOWLER, 2008)

Logo, a área requerida pela coluna é dada por:

$$A = \frac{V}{V_W^*}$$

Consequentemente, o diâmetro da coluna pode ser calculado por:

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} A}$$

Tabela 32-Cálculos para os diâmetros das colunas.

	F_{LV}	$K_{4,42}$ mmH ₂ O/m	$K_{4,}$ inundação	Percentual de inundação	V_w (kg/m ² s)	A (m ²)	D (cm)
Coluna 1	0,09107	1,4	3,3	65,13%	0,376	0,096	35
Coluna 2	0,1238	1,3	3,2	63,74%	0,966	0,071	30

Altura das colunas

A altura da coluna é obtida da seguinte equação:

$$H_{\text{coluna}} = H_{\text{fundo}} + H_{\text{recheio}} + H_{\text{topo}}$$

A altura do topo das duas colunas é 0,91 metros, que equivale ao espaçamento padrão para distribuição de líquido. A altura de recheio é calculada usando o conceito de HETP, ou seja, altura de recheio equivalente a um prato teórico. A figura 5, lista alguns valores típicos de HETP. Segundo alguns autores, para colunas de pequeno diâmetro (entre 30 e 120 cm), adota-se o próprio diâmetro da coluna como HETP (LUDWIG, 1979; VITAL, 1984; FRANK, 1977). Portanto, a altura do recheio é obtida multiplicando-se a o número de pratos teóricos pelo HETP:

$$H_{\text{recheio}} = n \cdot \text{HETP}$$

	Porter & Jenkins (127)	Frank (128)	Chen (98)	Harrison & France (52)	Walas (129)	Rose (130)	Ludwig (63)	Vital (120)	Strigle (15)	Notes
1. General HETP (ft) = 1-in packing 1.5-in packing 2-in packing	< 1.5 d_p	1.50 2.17 2.92	1.50 2.17 2.92	1.50 2.17 3.0	1.3-1.8 2.5-3.0	1.11 d_p	1.5-2		1.2-1.6 1.5-2.0 1.8-2.5	1. For 83% of published Pall® ring data. < 2 d_p for 97% of the Pall® ring data. 2. For Pall® rings. 3. For Intalox® saddles. 4. Presumably for modern packings.
Note	1,2,4	2,3	4	4	2	4			5	5. For IMTP®. See Table 9.3 for restrictions and details. 6. Add 6 inches to values above because of reduced irrigation efficiency.
2. Vacuum										
Note		6							7	7. Same as general, but needs correction (see Table 9.3) for high viscosity systems.
3. Absorption HETP (ft) =		5-6								8. For column diameter < 2 ft.
4. Small column HETP (ft) =		D_T					D_T	D_T		9. For column diameter 1-4 ft. for $D_T < 1$ ft, use HETP = 1 ft.
Note		8					9	8		

Figura 21 – Valores típicos de HETP (KISTER, 1992)

A altura de fundo é calculada a partir do volume de líquido no fundo da coluna. Para isso, multiplica-se a vazão de líquido no fundo da coluna pelo tempo de residência, que é adotado como sendo 10 minutos para o caso de mau funcionamento da

coluna. O volume obtido é sobredimensionado em 20%. A altura de fundo é a razão do volume pela área da seção transversal da coluna. As seguintes equações foram usadas para o cálculo da altura de fundo da coluna:

$$V = L_{fundo} \cdot t_{residência}$$

$$H_{fundo} = \frac{4V}{\pi(D)^2} + 0,91 \text{ (m)}$$

	L_{fundo} (m³/h)	Diâmetro coluna (m)	HETP (m)	H fundo (m)	H topo (m)	H Recheio (m)	H total (m)
Coluna 1	0,377	0,35	0,35	1,563	0,910	4,2	6,673
Coluna 2	0,075	0,3	0,3	1,11	0,910	1,5	3,52

Dimensionamento recipiente acumulador

Todo recipiente acumulador tem a função de manter uma reserva de fluido caso ocorra algum imprevisto na linha de produção. Quando usado em uma coluna de destilação, o acumulador exerce a sua função mantendo uma reserva da corrente de refluxo caso ocorra algum mau funcionamento da bomba, do condensador ou da coluna. Então, por um determinado tempo escolhido no projeto, tempo de residência, o fluxo do refluxado continua constante o que possibilita que o responsável pela operação tome as atitudes cabíveis.

Para o dimensionamento do recipiente é usado o fluxo do vapor oriundo do topo da coluna e o fluxo do fluido após a passagem pelo condensador, refluxo. Neste projeto o acumulador possui um formato cilíndrico e a sua orientação é vertical, usou-se um tempo de residência de 15 minutos que é o suficiente para que a equipe responsável identifique o erro ocorrido e o corrija.

Para iniciar o dimensionamento verificou-se a pressão e a temperatura de operação e fixou-se as condições de desenho. Para o sobredimensionamento do desenho usou-se a forma mais conservadora e fez-se assim:

$$P_{desenho} = P_{operação} + 1,75 \text{ Kgcm}^2$$

$$T_{desenho} = T_{operação} + 30^{\circ}C$$

Tabela 33 - Condições de operação e desenho nos acumuladores das colunas

	$T_{operação}$ (°C)	$T_{desenho}$ (°C)	$P_{operação}$ (Kg/cm ²)	$P_{desenho}$ (Kg/cm ²)
Coluna 1	135,4	165	1,19	3,68
Coluna 2	158,5	190	0,918	3,5

No cálculo do volume útil foi usado a vazão do fluido oriundo do condensador que retorna a coluna e o tempo de residência escolhido de 15 minutos.

$$V_{útil} = \tau \cdot Q$$

Onde Q é a vazão do refluxo em m³/h e τ é o tempo de residência de 15 minutos. O acumulador foi projetado de forma que o volume geométrico é o dobro do volume útil para caso ocorra algum imprevisto o recipiente não transborde de imediato.

Pelo valor do volume geométrico é possível obter o diâmetro e a altura do recipiente já que ele é obtido da seguinte equação:

$$V_{geométrico} = \pi \cdot D^2 \cdot L$$

Para facilitar a resolução usa-se um valor para a razão L/D entre 2 e 5. Neste projeto usou-se o maior valor, pois normalmente apresenta um melhor custo.

Tabela 34 -Dimensionamento recipientes pulmão.

	D (m ³ /h)	LD (m ³ /h)	L total (m ³ /h)	V líquido (m ³)	V geométrico (m ³)	D (m)	L (m)	V (m ³)
Coluna 1	2,55E-01	2,21E-01	0,475421857	0,118855464	0,237710928	0,2	1,2	0,305907073
Coluna 2	1,95E-03	5,27E-04	0,00248124	0,00062031	0,00124062	0,1	0,35	0,022

Dimensionamento trocadores das colunas

1.Trocador de calor E-3

Este trocador de calor é o condensador da primeira coluna de destilação, o seu objetivo é o resfriamento da corrente que sai do topo da coluna de 137,9 °C para 119 °C. Posteriormente, parte da corrente de processo que saí do de E-3 é o refluxo que retorna a coluna e parte é o acetato de etila que não segue no processo. Na corrente de serviço é utilizada água de refrigeração.

2.Trocador de calor E-4

Este trocador de calor é a caldeira da primeira coluna de destilação, o seu objetivo é o aquecimento da corrente que sai do fundo da coluna de 196,5 °C para 251,94 °C. Posteriormente, parte da corrente de processo que saí do de E-4 retorna a coluna e parte segue para segunda coluna de destilação onde serão retiradas as impurezas. Na corrente de serviço é utilizado vapor de aquecimento.

3.Trocador de calor E-5

Este trocador de calor é o condensador da segunda coluna de destilação, o seu objetivo é o resfriamento da corrente que sai do topo da coluna de 173,9 °C para 158,5 °C. Posteriormente, parte da corrente de processo que saí do E-4 é o refluxo que retorna a coluna e parte são as impurezas que não seguem no processo. Na corrente de serviço é utilizada água de refrigeração.

4.Trocador de calor E-6

Este trocador de calor é a caldeira da segunda coluna de destilação, o seu objetivo é o aquecimento da corrente que sai do fundo da coluna de 287,3 °C para 287,9 °C. Posteriormente, parte da corrente de processo que saí do de E-6 retorna a coluna e parte segue no processo. Na corrente de serviço é utilizado vapor de aquecimento.

As temperaturas das correntes de serviço e os da corrente de processo seguem apresentadas nas tabelas a seguir.

Tabela 35-Dados correntes de processo e de serviço dos trocadores da coluna.

Corrente de processo				
	E-3	E-4	E-5	E-6
Temperatura de Entrada (°C)	137,9	196,5	173,9	287,3
Temperatura de Saída (°C)	119	251,94	158,5	287,9
Corrente de serviço				
	E-3	E-4	E-5	E-6
Temperatura de Entrada (°C)	21	297	21	390
Temperatura de Saída (°C)	49	251,94	49	287,9

Tabela 36- Vazão mássica e calor específico da corrente de processo de cada trocador.

Corrente de processo				
	E-3	E-4	E-5	E-6
Vazão Mássica ($\frac{Kg}{h}$)	44,4573	51,8723	8,584	43,2884
Calor específico C_p ($\frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$)	2,173	2,43	2,234	2,508

Para o dimensionamento dos trocadores primeiramente foi calculado o calor transferido pela equação:

$$Q = m * c_p * \Delta T$$

Após a obtenção do calor transferido calculou-se a variação de temperatura média logarítmica da seguinte forma:

$$\Delta T_{lm} = \frac{(t_1 - T_2) - (t_2 - T_1)}{\ln \frac{t_1 - T_2}{t_2 - T_1}}$$

É necessário o coeficiente global de transferência de calor que foi obtido na literatura com o valor de $600 \frac{W}{m^2^{\circ}C}$, ao realizar a conversão das unidades para tem-se $2160000 \frac{J}{hm^2^{\circ}C}$.

$$U_m = 2160000 \frac{J}{hm^2^{\circ}C}$$

Para obter o valor da área é preciso calcular o valor do fator de correção que é possível obter a partir dos parâmetros P e R.

$$P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1}$$

$$F = \frac{\sqrt{(R^2 + 1)} \ln[(1 - S) / (1 - RS)]}{(R - 1) \ln \left[\frac{2 - S(R + 1 - \sqrt{(R^2 + 1)})}{2 - S(R + 1 + \sqrt{(R^2 + 1)})} \right]}$$

Enfim é possível a obtenção da área de troca térmica de cada um dos trocadores pela equação:

$$A = \frac{Q}{(U_m \Delta T_{lm} F)}$$

Tabela 37- Dimensionamento trocadores de calor das colunas.

	E-3	E-4	E-5	E-6
Q ($\frac{KJ}{h}$)	1825,84	6988,195	294,7883	65,1404
ΔT_{lm} (°C)	91,454	50,071	131,09°	19,7595
U_m ($\frac{J}{hm^2 \cdot ^\circ C}$)	2160000	2160000	2160000	2160000
P	0,162	0,546	0,1007	0,006
R	1,48	0,813	1,82	171,2
F	0,98	0,82	0,99	0,88
Área (m²)	0,010503	0,0734	0,0012	0,001734

Bombas de refluxo.

Em cada uma das colunas é necessária uma bomba para que o líquido condensado retorne ao topo da coluna, esse líquido oriundo do condensador é chamado de refluxo. Para as duas colunas foram escolhidas bombas rotativas, que é caracterizada por descarregar o líquido com base no movimento rotacional do interior do dispositivo. Essa escolha se deve a vazão e a potência reduzida das bombas (CREMASCO, 2002).

As condições de desenho consideradas foram:

Tabela 10- Condições de desenho bombas das colunas.

	T_{desenho}(°C)	P_{desenho}
Bomba coluna 1	165,3	3,68
Bomba coluna 2	188,5	3,5

As vazões e potências de cada bomba de refluxo são:

Tabela 12- Valores das vazões e potências das bombas de refluxo.

	Vazão (m³/h)	Potência (kw)
Bomba coluna 1	0,006127953	8
Bomba coluna 2	0,00000171	0,14

7. BOMBAS

As bombas são equipamentos que realizam trabalho sobre fluidos, transferindo a energia necessária para transportá-los de um ponto a outro. A energia elétrica recebida pela bomba é cedida ao fluido em forma de energia de pressão e cinética, fazendo com que o fluido escoe com maior pressão e velocidade na saída da bomba.

A classificação das bombas pode ser de acordo com a aplicação ou pela forma com que a energia é fornecida ao fluido. As bombas se dividem em dois grupos principais: dinâmicas ou turbobombas; e volumétricas ou bombas de deslocamento positivo.

Nas bombas dinâmicas, também chamadas de centrífugas, a energia cinética fornecida ao fluido é transformada em energia potencial de pressão. Nas bombas centrífugas, o fluido entra por um canal de sucção, onde tem sua velocidade aumentada devido ao movimento rotatório de um impelidor, direcionando o fluido do centro para fora da bomba. As bombas centrífugas são mais vantajosas para o caso de fluidos pouco viscosos e serviços com baixas pressões de descarga e que exigem uma alta vazão de fluido.

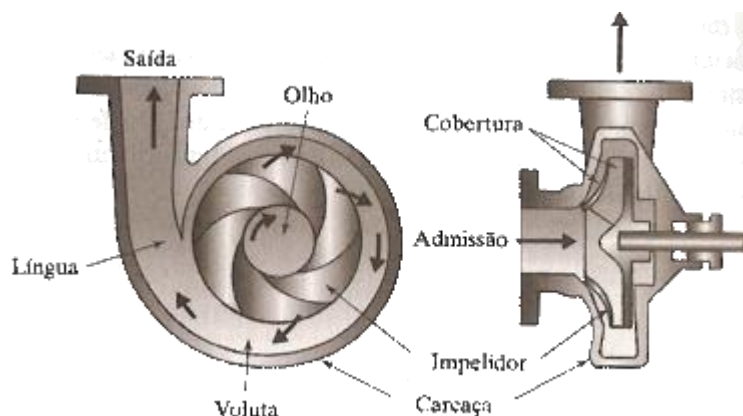


Figura 22 - Componentes da bomba. CREMASCO,2002

As bombas volumétricas, também chamadas de bombas de deslocamento positivo, um determinado volume de fluido é capturado pela câmara da bomba, onde o movimento de um elemento propulsor transfere energia mecânica na forma de pressão, provocando o escoamento do fluido. Essas bombas hidrostáticas fornecem um fluxo de fluido na forma de pulsos e sem variação de pressão no sistema.

Portanto, bombas volumétricas são convenientes quando o fluido de trabalho é viscoso e para serviços de baixa vazão e alta pressão.

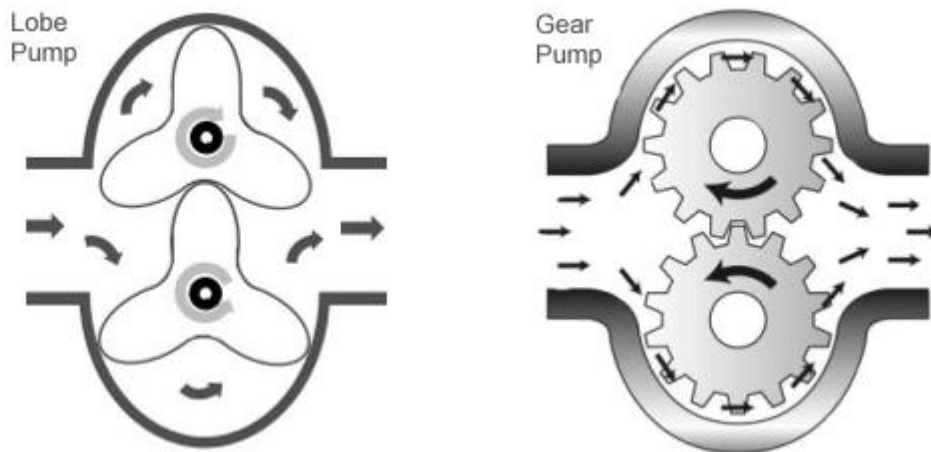


Figura 23 - Tipos de bomba rotativa. Fonte: CREMASCO,2002.

Independentemente do tipo de bomba, todas estão sujeitas ao indesejado fenômeno de cavitação. Quando um fluido é acelerado, para que sua energia mecânica se mantenha constante, ocorre uma redução de pressão. Se a pressão é reduzida abaixo da pressão de vapor do fluido de trabalho, ocorrerá vaporização local do fluido. Devido ao movimento constante, o fluido pode carregar as bolhas formadas para áreas de maior pressão, onde ocorrerá a implosão de bolhas, podendo causar danos aos elementos internos da bomba.

Para evitar os danos causados pela cavitação, os fabricantes das bombas fornecem o NPSH (*Net Positive Suction Head*) requerido, que é a carga mínima de sucção necessária para que não ocorra cavitação. Já a carga líquida positiva de sucção disponível é a pressão absoluta no bocal de aspiração da bomba e é função do próprio sistema. Para que a cavitação não ocorra, o NPSH disponível deve ser maior que o NPSH requerido.

Para calcular o NPSH, utiliza-se a seguinte expressão:

$$NPSH_D = H_A \pm H_Z - H_F + H_V - H_{PV}$$

- H_A é a pressão absoluta na superfície do líquido contido no recipiente

- H_z é a distância vertical entre a bomba e a superfície do líquido (Positivo quando o recipiente está acima da bomba e negativo quando o recipiente está abaixo da linha da bomba)
- H_f é a perda de carga por atrito
- H_v é a carga de velocidade na sucção
- H_{PV} é a pressão de vapor do líquido na temperatura do processo

Existem algumas formas de aumentar o NPSH disponível da bomba alterando uma ou mais características do processo. A pressão absoluta no recipiente pode ser aumentada, porém normalmente essa pressão corresponde à atmosférica. Uma outra alternativa seria aumentar a elevação do recipiente ou diminuir a altura da bomba com relação ao solo. Algumas características construtivas da bomba podem ser melhoradas para que as perdas de carga sejam minimizadas. Além disso, se o processo permitir, é possível diminuir a pressão de vapor do fluido pela redução na temperatura.

ANÁLISE DE IMPACTO AMBIENTAL DOS RESÍDUOS GERADOS

Na produção de ibuprofeno por meio de síntese verde proposta, além da excelente economia atômica, os produtos secundários e os químicos de purificação são, em sua maioria, tratados e reciclados. Desta forma, o aproveitamento atômico da rota sintética chega, virtualmente, a 99%, pois há exploração de resíduos.

Na primeira etapa do processo, a reação dá-se com o uso de ácido fluorídrico como solvente e catalisador. Este ácido é muito tóxico e corrosivo, chegando a provocar falta de ar quando inalado, assim é de fundamental importância seu tratamento. Neste caso, usa-se hidróxido de sódio, gerando fluoreto de sódio. Este subproduto tratado tem valor comercial agregado, desta forma pode ser utilizado na indústria de vidro e na fabricação de pastas de dente e de inseticidas (QUIMESP).

O produto da reação é neutralizado com hidróxido de potássio para que o subproduto, o ácido acético, seja convertido em acetato de potássio. Este reagente também possui destino industrial, ele é usado como descongelante e agente para extintor de incêndio (QUIMESP).

Na secagem da reação, há geração de sulfato de magnésio hidratado que pode ser aproveitado como fertilizante agrícola. Enquanto no restante da purificação, é empregado o acetato de etila para extração. Esse solvente é purificado dentro da própria planta, através de destilação, e pode facilmente retornar a mesma. Os reagentes que não reagiram são resíduos de baixíssimas quantidades e, se diluídos, podem ser descartados em rios sem danos ambientais (RUBIO POLÁN, 2014).

Na segunda etapa do processo, emprega-se apenas o Níquel Raney como catalisador e os gases hidrogênio e nitrogênio. O catalisador é reciclado para planta após tratamento com água, enquanto os gases não têm interferência se descartados para a atmosfera devido à pequena quantidade empregada no processo (RUBIO POLÁN, 2014).

A terceira etapa consiste no emprego de um complexo de paládio como catalisador e de monóxido de carbono como reagente. O paládio é separado da mistura reacional e não tem sua estrutura alterada, logo ele retorna ao processo. Já o monóxido de carbono é extremamente prejudicial ao meio ambiente e, principalmente, à saúde humana, visto que todas as pessoas e animais estão em risco de envenenamento pelo gás. Por isso, seu resíduo na planta é tratado com um

catalisador para convertê-lo em dióxido de carbono, produto também poluente. Porém, a quantidade gerada é muito baixa, em torno de 300 gramas. Assim, seu descarte para a atmosfera não tem impacto ambiental considerável (CHEN, 2002).

Na secagem desta etapa, há formação de sulfato de sódio hidratado. Este subproduto tem alta aplicabilidade na indústria, portanto ele pode ser comercializado para indústria de papel, para fabricação de papel Kraft, indústria de vidro, de detergentes e de corantes para tecidos. Além do seu uso medicinal, como laxante e diurético.

Há resíduo de uma mistura de acetato de etila e benzeno, fruto da extração nesta etapa do processo. Não é possível a reutilização dessa impureza, consequentemente, ela deve ser entregue a um gestor de resíduos e destruída.

Só há um resíduo em todo o projeto que não possui uma segunda vida, tornando essa síntese excelente para aplicações industriais, uma vez que ela já está otimizada para um aproveitamento quase total dos produtos químicos empregados.

ANÁLISE DE SEGURANÇA

Uma unidade de fabricação de produtos farmacêuticos precisa levar em conta a segurança geral da planta. É necessário, não apenas controlar a qualidade dos medicamentos e insumos farmacêuticos produzidos, mas também garantir o monitoramento de potenciais situações de risco.

As consequências de um acidente em uma indústria farmacêutica podem ser trágicas, já que medicamentos carecem de uma inspeção constante para garantir que o consumidor utilize o fármaco com segurança. Os ambientes internos de uma indústria farmacêutica necessitam de um controle rigoroso. As condições de temperatura, umidade e ventilação são constantemente verificadas e mantidas numa estreita faixa de variação.

Todas essas exigências de seguridade demandam um grande e complexo sistema de controle e segurança, o que implica em um maior custo destinado para esse setor. Esse custo compreende investimentos em tecnologia, contratação e capacitação de profissionais qualificados, licenças, entre outras despesas.

Um sistema de segurança eficaz é, portanto, imprescindível em uma indústria farmacêutica. O planejamento é feito para que se resguarde o bem estar dos trabalhadores, consumidores e ambiente envolvidos, mas também para que o esquema de segurança seja o mais autônomo possível, evitando gastos desnecessários.

Os alarmes são os principais e mais básicos elementos de segurança. São sinais sonoros e luminosos que se recebem na sala de controle quando uma variável de processo alcança um valor anormal. Este sinal indica ao operador que se deve aumentar a atenção e, possivelmente, tomar alguma ação corretiva. (CABRA, 2010)

Os sinais sonoros procedem dos medidores do sistema de instrumentação e controle da planta. É preciso um estudo detalhado para determinar quais alarmes são realmente necessários para a planta. É importante que todos alarmes relevantes sejam especificados, ao mesmo tempo que se deve evitar alarmes desnecessários, visto que um operador pode perder a atenção e a confiança no sistema de alarmes se ele for constantemente demandado por alarmes de pouca importância.

A nomenclatura dos alarmes segue uma regra geral e é proveniente do inglês. A primeira letra indica qual variável está sendo medida, a segunda letra significa

alarme. A partir da terceira letra, indica-se qual o valor da variável (LL para muito baixo, L para baixo, H para alto e HH para muito alto). Critérios para instalação dos alarmes mais comuns na indústria:

- Nível de recipientes (LAH para níveis altos, LAL para níveis baixos): Valores anormais de níveis podem ser causados por parada de bombas, disparo de uma válvula de segurança, fluxo de gás para uma tubulação de líquidos, entre outros. Portanto, instalam-se alarmes em todos os recipientes, que são disparados quando o nível atinge 80% ou 20% do volume total.
- Pressão: é comum instalar alarmes de alta pressão (PAH) em colunas de destilação e reatores, onde o aumento na pressão pode ser perigoso. Esse aumento de pressão pode ser causado por falha no refluxo, reações incontroladas, entre outras situações de risco. Alarmes de baixa pressão não são muito comuns, visto que normalmente não se constitui uma condição insegura. Em alguns casos, alarmes de baixa pressão podem ser instalados em compressores ou bombas para indicar mal funcionamento ou parada imprevista.
- Vazão: Alarmes de baixa vazão (FAL) são instalados para indicar possíveis paradas de bomba ou quando um fluxo baixo pode causar danos a um determinado equipamento, como é o caso de fluxo de fluidos para fornos, trocadores de calor ou refluxos de destilação.
- Temperatura: Alarmes de alta temperatura (TAH) são instalados em equipamentos com geração de calor e que levem a uma condição insegura como, por exemplo, em um reator que conduz uma reação exotérmica. Geralmente, não se instala alarmes de temperatura em colunas de destilação, uma vez que a temperatura é definida pelo próprio equilíbrio líquido-vapor.

Em todos os casos mencionados, os alarmes constituem o nível mais básico de segurança, ou seja, quando desvios na variável sendo medida geram problemas operativo. Para os casos em que a segurança pode ser gravemente comprometida, incorpora-se um segundo nível de alarme (por exemplo, TAAH para temperaturas muito altas ou FALL para fluxo muito baixo). Além de indicar valores anormais de variáveis, esse nível de alarmes tem a função de ativar um encravamento.

Tabela 38 - Lista de alarmes

Equipamento Associado	Tipo de alarme	Descrição
Reatores	LAL	Baixo nível no reator
	LAH	Alto nível no reator
	PAH	Alta pressão no reator
	TAH	Alta temperatura no reator
Bombas	PAL	Baixa pressão na saída da bomba
Trocadores de calor	FAL	Baixa vazão de entrada no trocador
Pulmões (antes das colunas)	LAL	Baixa nível no pulmão
	LAH	Alto nível no pulmão
Colunas	LAL	Baixo nível na coluna
	LAH	Alto nível na coluna
	PAH	Alta pressão na coluna
Pulmões (acumuladores das colunas)	LAL	Baixo nível no pulmão
	LAH	Alto nível no pulmão
	FAL	Baixa vazão de saída do pulmão
	FALL	Muito baixa vazão de saída do pulmão
Decantadores	LAL	Baixo nível no decantador
	LAH	Alto nível no decantador
Filtro	PAH	Alta pressão no filtro

Tabela 39 - Lista de alarmes nos recipientes

Equipamento Associado	Tipo de alarme	Descrição
C - 4	LAL	Baixo nível no reator
	LAH	Alto nível no reator
	PAH	Alta pressão no reator
	TAH	Alta temperatura no reator
C - 5	LAL	Baixo nível no reator
	LAH	Alto nível no reator
	PAH	Alta pressão no reator
	TAH	Alta temperatura no reator
C - 6	LAL	Baixo nível no decantador
	LAH	Alto nível no decantador
C - 8	LAL	Baixo nível no pulmão
	LAH	Alto nível no pulmão
C - 9	LAL	Baixo nível na coluna
	LAH	Alto nível na coluna
	PAH	Alta pressão na coluna
C - 10	LAL	Baixo nível no pulmão

	LAH	Alto nível no pulmão
	FAL	Baixa vazão de saída do pulmão
	FALL	Baixíssima vazão de saída do pulmão
	LAL	Baixo nível no pulmão
C – 11	LAH	Alto nível no pulmão
	LAL	Baixo nível na coluna
C – 12	LAH	Alto nível na coluna
	PAH	Alta pressão na coluna
	LAL	Baixo nível no pulmão
C – 13	LAH	Alto nível no pulmão
	FAL	Baixa vazão de saída do pulmão
	FALL	Baixíssima vazão de saída do pulmão
	LAL	Baixo nível no reator
C – 14	LAH	Alto nível no reator
	PAH	Alta pressão no reator
	TAH	Alta temperatura no reator
	LAL	Baixo nível no reator
C – 15	LAH	Alto nível no reator
	PAH	Alta pressão no reator
	TAH	Alta temperatura no reator
	LAL	Baixo nível no decantador
C – 16	LAH	Alto nível no decantador
	LAL	Baixo nível na coluna
C – 18	LAH	Alto nível na coluna
	PAH	Alta pressão na coluna
	LAL	Baixo nível na coluna

Tabela 40 - Lista de alarmes dos trocadores de calor

Equipamento Associado	Tipo de alarme	Descrição
E – 3	FAL	Baixa vazão de água de resfriamento
E – 4	FAH	Alta vazão de vapor de aquecimento
E – 5	FAL	Baixa vazão de água de resfriamento
E – 6	FAH	Alta vazão de vapor de aquecimento

Tabela 41 - Lista de alarmes dos filtros

Equipamento Associado	Tipo de alarme	Descrição
S - 1	PAH	Alta pressão no filtro
S - 2	PAH	Alta pressão no filtro
S - 3	PAH	Alta pressão no filtro

Tabela 42 - Lista de alarmes das bombas

Equipamento Associado	Tipo de alarme	Descrição
P - 3	PAL	Baixa pressão na saída da bomba
P - 4	PAL	Baixa pressão na saída da bomba
P - 5	PAL	Baixa pressão na saída da bomba
P - 6	PAL	Baixa pressão na saída da bomba
P - 7	PAL	Baixa pressão na saída da bomba
P - 8	PAL	Baixa pressão na saída da bomba
P - 9	PAL	Baixa pressão na saída da bomba
P - 10	PAL	Baixa pressão na saída da bomba
P - 11	PAL	Baixa pressão na saída da bomba
P - 12	PAL	Baixa pressão na saída da bomba
P - 14	PAL	Baixa pressão na saída da bomba
P - 17	PAL	Baixa pressão na saída da bomba
P - 18	PAL	Baixa pressão na saída da bomba
P - 21	PAL	Baixa pressão na saída da bomba
P - 22	PAL	Baixa pressão na saída da bomba
P - 25	PAL	Baixa pressão na saída da bomba
P - 27	PAL	Baixa pressão na saída da bomba

Um encravamento é um sistema que é acionado por um sinal de valor muito alto ou muito baixo de alguma variável, colocando a parte da planta causadora do problema em posição segura. A ação do encravamento se dá pelo fechamento ou abertura de uma válvula de controle ou, em alguns casos, interrupção do funcionamento de uma bomba ou compressor. Os casos mais comuns de sistemas de encravamento são:

- Proteção por falha de refluxo na torre de destilação: o refluxo de líquido numa coluna de destilação é responsável por promover o equilíbrio com o vapor ascendente na coluna e, conseqüentemente, manter a temperatura no valor desejado. Quando um valor muito baixo de vazão de refluxo é detectado, o

sistema de encravamento é acionado. Esse sistema atua na suspensão de fornecimento de vapor para a caldeira para evitar o aumento descontrolado na temperatura da coluna.

- Proteção de um forno por baixa vazão de fluido: o sistema de encravamento atua cortando a entrada de combustível ao forno. Desta forma, evita-se que o material dos tubos do forno seja danificado pelo excesso de temperatura devido ao baixo fluxo de fluido.

Assim como no sistema de alarmes, a instalação de encravamentos deve ser criteriosa. O sistema de encravamentos é importante para evitar situações de grande risco para planta, ao custo de parar o funcionamento da mesma até que se resolva o problema.

Tabela 43- Lista de encravamentos

Tipo de alarme	Proteção	Encravamento	Sinal	Ação corretora
FALL	C – 9	SE - 01	Baixa vazão de refluxo à coluna	Fechar válvula de vapor de entrada ao refeedor E – 4
FALL	C – 12	SE – 02	Baixa vazão de refluxo à coluna	Fechar válvula de vapor de entrada ao refeedor E - 6

Os sistemas de alarmes e encravamentos, junto com os de instrumentação e controle, concedem boas condições de segurança para a planta. Entretanto, todos eles dependem do sistema eletrônico e pneumático, que também está sujeito a falhas. Por isso, se recorre a um nível adicional e mais básico de segurança.

Qualquer recipiente é essencialmente seguro sempre que opera nas condições para qual foi projetado. Porém, se a pressão no seu interior for superior à pressão de desenho mecânico, o recipiente pode ser rompido. Essa condição insegura pode ser uma consequência de um fogo externo ou uma geração interna de calor.

Uma válvula de segurança é projetada para que se dispare sempre que a pressão de desenho do equipamento for alcançada. Para isto, o obturador da válvula exerce

uma pressão sobre o seu suporte, que pode ser regulado por uma mola ou parafuso. Esse sistema é tarado na pressão de desenho do equipamento.

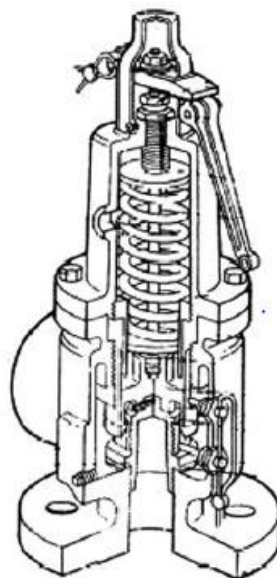


Figura 24 -Válvula de segurança (CABRA, 2010)

A válvula é acoplada ao equipamento de forma que, se a pressão no interior do recipiente ultrapassa a pressão de desenho, a resistência da mola é vencida e a válvula dispara. Quando a pressão é novamente reduzida, a válvula retorna a sua posição inicial, a menos que o disparo tenha sido brusco e a mola tenha sido danificada. Nesse caso, o recipiente deve ser despressurizado para a substituição da válvula.

As descargas das válvulas de segurança são coletadas numa tubulação própria e enviadas a um lugar seguro, que depende da natureza do fluido evacuado. Se for um combustível, o fluido deve ser enviado para o sistema de tocha, que é um canal que mantém uma chama constante para queimar qualquer descarga proveniente de uma válvula de segurança. Se o fluido for inerte, pode-se evacuar à atmosfera a uma distância suficiente para que a descarga não incida sobre pessoas ou equipamentos.

Vazão de descarga das Válvulas de Segurança

A vazão de descarga das válvulas de segurança é calculada a partir de três critérios e, posteriormente, é escolhida a maior vazão dentre os critérios:

1. Fogo externo;
2. Falha de serviço (Apenas para colunas);
3. Bloqueio de uma válvula.

Em caso de fogo externo, a vazão de descarga da válvula é dada por:

$$m(kg/h) = Q/\lambda$$

Onde λ é o calor latente de vaporização do líquido contido no recipiente e Q é o fluxo de calor:

$$Q(Kcal/h) = 37139 \cdot A^{0,82}$$

Onde A é área do recipiente, que são cilíndricos:

$$A = 2\pi r(h + r)$$

Uma falha de serviço em colunas pode ser causada por uma falha no condensador ou por uma falha no refluxo. Nesse caso, a vazão de descarga da válvula é dada por:

$$m(kg/h) = Q/\lambda$$

Onde λ é o calor latente de vaporização do líquido no fundo da torre e Q é o calor fornecido pelo refeedor da coluna.

Para o cálculo da vazão de descarga da válvula pelo critério de bloqueio de válvula, deve-se eleger a corrente de saída do recipiente de maior vazão afetada por uma válvula. O conteúdo líquido da corrente é expresso em m³/h, enquanto o conteúdo de vapor é expresso em kg/h.

Na planta de produção industrial de ibuprofeno via síntese verde foram dispostas 13 válvulas de segurança:

Tabela 44 - Lista de válvulas de segurança

Válvula	Recipiente protegido	Tipo de recipiente
PSV – 1	C – 4	Reator
PSV – 2	C – 5	Reator
PSV – 3	C – 6	Decantador
PSV – 4	C – 8	Pulmão
PSV – 5	C – 9	Coluna
PSV – 6	C – 10	Pulmão
PSV – 7	C – 11	Pulmão
PSV – 8	C – 12	Coluna
PSV – 9	C – 13	Pulmão
PSV – 10	C – 14	Reator
PSV – 11	C – 15	Reator
PSV – 12	C – 16	Decantador
PSV – 13	C – 18	Coluna
PSV – 14	C – 19	Pulmão
PSV – 15	C – 23	Coluna

Tabela 45 - Vazões de descarga das válvulas de segurança

Válvula	Fogo	Falha de serviço (kg/h)	Bloqueio de válvula	
	m (kg/h)	m (kg/h)	m (kg/h)	q (m ³ /h)
PSV – 1	562,6865375	-	302,2	-
PSV – 2	928,2399772	-	272,1	-
PSV – 3	162,0866987	-	-	0,3467
PSV – 4	13,95139289	-	-	0,04001
PSV – 5	1097,926456	-	146,7	-
PSV – 6	592,5734225	-	-	0,1003
PSV – 7	613,1393333	-	-	0,06894
PSV – 8	293,9760308	19,19833791	-	0,06894
PSV – 9	171,9325638	0,256862776	-	0,05873
PSV – 10	310,2340135	-	-	0,04984
PSV – 11	85,9006444	-	-	0,01127
PSV – 12	99,5312376	-	-	0,2645
PSV – 13	673,489379	-	146,7	-

AValiação EconôMica

Nenhum projeto deve passar para as etapas finais sem antes seus custos serem considerados, ou seja, a primeira análise a ser feita antes de se colocar um projeto em funcionamento é a sua avaliação econômica. O engenheiro químico ou engenheiro de custos deve estimar todos os custos brutos para poder decidir a melhor alternativa de projeto e otimizá-lo ao máximo. A maioria dos projetos, não só os de engenharia química, são feitos para produzir lucro, e é preciso avaliar previamente a estimativa do investimento requerido e o custo de produção para saber a rentabilidade do projeto. A rentabilidade só será aceitável se for maior do que qualquer uso alternativo que possa ser dado aos fundos próprios das empresas ou maior do que os juros no caso de fundos emprestados por terceiros (TOWLER,2008).

Não se tem certeza do custo de investimento total de um projeto antes da planta ser colocada em funcionamento. Porém, se o engenheiro de projeto estiver bem familiarizado com os vários métodos de estimativa, é possível fazer estimativas de custo muito boas antes mesmo que o projeto final forneça especificações detalhadas (PETERS,1968).

Na avaliação econômica são necessárias diversas aproximações e geralmente ela é dividida em duas etapas sendo elas a preliminar e a definitiva. A preliminar é menos precisa do que a definitiva, pois é feita nas etapas iniciais sem o conhecimento detalhado dos equipamentos, ela deve ser capaz de fornecer uma base para a gestão da empresa decidir ou não investir capital (PETERS,1968).

A avaliação econômica realizada no projeto foi a preliminar e para sua estimativa dividiu-se em 3 partes, sendo elas: Investimento, vendas e custos.

1. Investimento

1.1. Capital imobilizado

O capital imobilizado consiste no conjunto de bens adquiridos que são necessários para o funcionamento e para a manutenção das operações de trabalho, nele é somado os valores do espaço físico de funcionamento, maquinário e equipamentos. E pode ainda ser qualificado pelo capital em que a empresa disponha e use por mais de doze meses, e com expectativas de aumentar os benefícios econômicos em detrimento da sua utilização(MANKIW, 2009).

Para a sua avaliação primeiramente estima-se o custo dos equipamentos e então aplica-se o método das porcentagens. No método das porcentagens o imobilizado é dividido em várias partes, sendo elas:

- i. Equipamentos principais: maquinaria e aparelhos.

Neste projeto por se tratar de uma indústria farmacêutica, seus equipamentos possuem um tamanho reduzido. Então para estimar os custos dos equipamentos utilizou-se duas literaturas diferentes, onde foi possível obter os valores de custo do tamanho calculado ou do tamanho mais próximo possível do equipamento usado. Na primeira literatura foi utilizada a seguinte fórmula para tal cálculo:

$$C_e = a + bS^n$$

Onde:

- C_e : Custo dos equipamentos em dólar em 2007.
- a,b: Constantes presentes na tabela.
- S: Parâmetro de tamanho nas unidades dadas na tabela.
- n: Expoente para cada tipo de equipamento
- Os valores dos parâmetros usados foram encontrados no livro Chemical engineering design e encontra-se em anexo.

Para os equipamentos que estavam com o valor de parâmetro do tamanho menor do que o parâmetro mínimo para a utilização do método anterior, usou-se a segunda literatura, onde considerou-se a relação logarítmica conhecida como a regra de seis décimos de fator, que pode ser utilizada quando o equipamento é semelhante a um outro para o qual os dados de custo estão disponíveis. A relação usada é a seguinte:

$$\text{Custo equipamento a} = \text{custo equipamento b} \cdot \left(\frac{\text{capacidade equipamento a}}{\text{capacidade equipamento b}} \right)^{0,6}$$

A equação acima indica que em um gráfico log-log da capacidade *versus* o custo dos equipamentos para um equipamento especificado é uma linha reta com a inclinação igual a 0,6. Porém, dependendo do tipo de equipamento este fator é diferente de 0,6. Ele pode variar de 0,2 a 1,0. O fator 0,6 só deve ser usado na

ausência de outras informações, pois é uma simplificação excessiva (PETERS, 1968).

Mesmo utilizando esses dois métodos distintos alguns equipamentos por serem pequenos ficaram com os custos estimados mínimos. Na tabela a seguir, estão as estimativas dos custos de todos os equipamentos do projeto, lembrando que todas as bombas possuem uma igual de reserva e que seu gasto com eletricidade foi considerado nos serviços auxiliares.

Tabela 46-Estimação custo dos equipamentos.

Equipamento	Parâmetro de estimacão	Valor parâmetro	Custo 2015 (R\$)
Bomba 1	Vazão, m3/h	0,0	38303,7
Bomba 2	Vazão, m3/h	0,1	38303,7
Bomba 3	Vazão, m3/h	0,1	38303,7
Bomba 4	Vazão, m3/h	0,4	38303,7
Bomba 5	Vazão, m3/h	0,1	38303,7
Bomba 6	Vazão, m3/h	0,2	38303,7
Bomba 7	Vazão, m3/h	0,1	38303,7
Bomba 9	Vazão, m3/h	0,3	38303,7
Bomba 11	Vazão, m3/h	0,2	38303,7
Bomba 12	Vazão, m3/h	2,4	38303,7
Bomba 14	Vazão, m3/h	0,2	38303,7
Bomba 17	Vazão, m3/h	0,7	38303,7
Bomba 18	Vazão, m3/h	3,4	38303,7
Bomba 21	Vazão, m3/h	1,2	38303,7
Bomba 22	Vazão, m3/h	0,0	38303,7
Bomba 25	Vazão, m3/h	0,5	38303,7
Bomba 27	Vazão, m3/h	1,2	38303,7
Tanque isobutilbenzeno	Capacidade, m3	1,0	370430,5
Tanque Anid. Acético	Capacidade, m3	1,3	371387,6
Tanque HF	Capacidade, m3	523,6	2327396,7
Tanque KOH	Capacidade, m3	5,4	375227,8
Tanque Acetato de Etila	Capacidade, m3	5,4	375227,8
Tanque CO	Capacidade, m3	102,9	1897219,4
Tanque Benzeno	Capacidade, m3	2,3	372350,6
Tanque HCL	Capacidade, m3	4,8	374264,8

m3			
Tanque Ibuprofeno	Capacidade, m3	0,7	370430,5
Secador 1	Área, m2	0,6	160162,7
Secador 2	Área, m2	0,8	160162,7
Decantador 1	Volume , m3	0,4	86340,8
Decantador 2	Volume , m3	0,6	92529,8
Trocador de calor 1	Área, m2	0,0	11309,3
Reator 1	Volume , m3	0,2	135011,2
Trocador de calor 2	Área, m2	0,2	8837,4
Reator 2	Volume , m3	0,1	135011,2
Reator neutralização	Volume , m3	0,7	193411,2
Extrator 1	Volume , m3	1,1	187622,6
Reator recuperação hf	Volume , m3	1,0	214704,9
Filtro 1	Volume , m3	1,4	644618,2
Filtro 2	Volume , m3	0,3	485540,9
Filtro 3	Volume , m3	0,9	580246,6
Recipiente pulmão 1	Volume , m3	0,2	21373,8
Recipiente pulmão 2	Volume , m3	0,1	21338,6
Recipiente pulmão coluna 1	Peso, Kg	39,2	9232,0
Torre de destilação 1	Peso, Kg	323,3	50806,2
Recheio da torre	Volume , m3	0,2	812,1
Condensador	Área, m2	0,0	60574,5
Caldeira	Área, m2	0,1	77119,9
Bomba de refluxo	Vazão, m3/h	0,0	38284,1
Trocador de Calor	Área, m2	0,2	8837,4
Torre de destilação 2	Peso, Kg	149,8	11666,3
Recheio da torre	Volume , m3	0,1	434,8
Recipiente pulmão coluna 2	Peso, Kg	5,8	1433,6
Condensador	Área, m2	0,0	60568,6
Caldeira	Área, m2	0,0	77087,1
Bomba do refluxo	Vazão, m3/h	0,0	38284,1
Total (MR\$)			11,8

- ii. Materiais: tubulações, isolamentos, material elétrico, estruturas, instrumentação, etc..

Usa-se um valor entre 60 e 70 % do valor estimado dos equipamentos principais para a estimação dos gastos com materiais, foi usado para os cálculos um valor intermediário de 65 %. A partir desta estimação o valor total gasto com materiais é dividido em:

- Obra civil e edifícios (28 %);
- Tubulações e infraestruturas (45%);
- Instrumentação (10 %);
- Eletricidade (10 %);
- Isolamento (5 %);
- Pintura (2 %).

Os valores encontrados estão dispostos na tabela 2.

Tabela 47-Custo estimado para materiais.

	Porcentagem (%)	Custo 2015 (MR\$)
Materiais (M)	65	7,69
Obra civil e edifícios	28	2,15
Tubulações e infra	45	3,46
Instrumentação	10	0,77
Eletricidade	10	0,77
Isolamento	5	0,38
Pintura	2	0,15
	Soma	7,69

iii. Gastos em licenças e engenharia de processo.

O custo da engenharia de processos, catalisadores e licenças não pode ser estimado pelo método das porcentagens . Sabe-se que são usados 3 catalisadores, sendo eles o fluoreto de hidrogênio, o níquel Raney e o paládio (complexo), lembrando que todos são recuperados .

Não foi encontrado o valor de engenharia básica e licença para indústrias farmacêuticas, por se tratar somente de uma avaliação preliminar foi considerado um valor de 5% do imobilizado, só para efeitos de cálculo. Então o custo de engenharia de processos é a soma dos valores da engenharia básica. da licença e dos custos anuais dos catalisadores.

Tabela 48 - Custos Catalisadores.

Catalisadores	Quantidade (Kg)	Valor anual (MR\$)
HF	36772,5	0,51
Níquel Raney	4,4	0,02
Paládio	1,25	0,10
		0,6

Tabela 49 - Custo engenharia de processos.

Engenharia de processos	Custo 2015 (MR\$)
Engenharia básica +Licença	0,69
Catalisadores	6,4E-07
Soma	0,70

iv. Gastos em engenharia de detalhe.

Segundo o método das porcentagens, o seu custo é relacionado com o tamanho do projeto. Este projeto foi considerado um projeto grande por se tratar de uma indústria completa de produção de ibuprofeno , então a porcentagem utilizada foi de 17,5% do custo total dos equipamentos e materiais que é o valor intermediario para este tamanho de projeto.

O valor encontrado para engenharia de detalhes segue na tabela 50.

Tabela 50 - Gastos com a engenharia de detalhe.

	Porcentagem (%)	Custo 2015 (MR\$)
Equipamentos (E)	100	11,82
Materiais (M)	65	7,69
	Soma	19,51
Projeto grande	17,5	3,41

v. Construção (incluindo supervisão).

Para o cálculo com os gastos com construção e supervisão é usado 70% da soma dos equipamentos e materiais. Sendo esses 70% divididos em 60% na construção e 10% na supervisão da própria .

Tabela 51 - Custos construção e supervisão.

	Porcentagem	Custo 2015 /
	(%)	MR\$
Construção	60	11,71
Supervisão	10	1,95
	soma	13,66

- vi. Gastos de arranque, Instalações para serviços auxiliares, Instalações para os off-sites (armazenamento, chaminés, tocha, etc.) e contingências e imprevistos.

Para a estimação desses custos que estão fora do limite da bateria .É preciso somar as partes calculadas anteriormente chamadas de ISBL (“Inside Battery Limits ”) e então considerar a porcentagem de ISBL para cada parte.

Tabela 52 - Custo ISBL.

	Custo 2015 /
	MR\$
Total área de processo	ISBL 37,17

Para a estimação dos custos de cada uma das partes de fora da bateria (off-sites) usou-se o valor médio de porcentagem indicada pelo método das porcentagens. Os valores obtidos encontram-se na tabela 53.

Tabela 53 - Custos off-sites.

	Porcentagem	Custo 2015 /
	(%)	MR\$
Serviços auxiliares	4,00	1,49
Off-sites	8,00	2,97
Gastos de arranque	3,50	1,30
Contingências e		
imprevistos	10,00	3,72
Investimento total:		9,48

Após a estimação de todas as partes obteve-se a estimação completa do imobilizado pelo método das porcentagens e o valor total obtido foi de 55,12 milhões de reais.

O mais importante para o bom funcionamento deste método é a boa estimação do valor de custo dos equipamentos, pois todos os outros valores partem dele.

Segue a tabela completa da estimação do imobilizado.

Tabela 54 - Valores para o método das porcentagens.

	Porcentagem	Custo 2015 (MR\$)
	(%)	
Equipamentos (E)	100	11,82
Materiais (M)	65	7,69
Obra civil e edifícios	28	2,15
Tubulações e infra	45	3,46
Instrumentação	10	0,77
Eletricidade	10	0,77
Isolamento	5	0,38
Pintura	2	0,15
	Soma	7,69
Engenharia de		
Detalhe	0,05	0,59
Projeto grande	17,5	3,41
Construção	60	11,71

Supervisão	10	1,95
Engenharia de processo	-	0,59
Total área de processo	ISBL	37,17
Serviços auxiliares	4	1,49
Off-sites	8	2,97
Gastos de arranque	3,5	1,30
Contingências e imprevistos	10	3,72
Investimento total:		46,65

1.2. Capital de giro

É o capital necessário para o funcionamento normal da empresa, caracteriza-se primordialmente, por ser o capital que financia a continuidade das operações de trabalho e econômicas da empresa: despesas operacionais; aquisições para estoque; pagamento de fornecedores; impostos; salários. Ele pode ser facilmente transformado em dinheiro, já que é o capital que é movimentado constantemente pela empresa (MANKIW, 2009).

Neste projeto será considerado como capital de giro uma aproximação já que não tem-se dados de fornecedores e nem compradores. É indicado que o capital de giro esteja entre 10% e 30% do valor total calculado para o imobilizado, utilizou-se o valor médio do valor indicado que foi de 20% do imobilizado.

O valor encontrado apresenta-se na tabela 55.

Tabela 55 - Cálculo capital de giro.

	Custo 2015 /
	MR\$
Capital de Giro	9,33

1.3. Investimento total

O investimento total do projeto é a soma do capital de giro e do capital amortizado e encontra-se na tabela 56.

Tabela 56 - Custo Total do investimento.

	Custo 2015
	(MR\$)
Capital de Giro	9,33
Capital Imobilizado	46,65
Investimento Total	55,98

2. Avaliação rentabilidade do projeto

2.1. Preço dos produtos e serviços

Tem-se na tabela abaixo o preço de todas as matérias primas, catalisadores e serviços auxiliares utilizados na planta de produção de ibuprofeno e também preço da matéria prima obtida.

Os valores foram obtidos a partir de diferentes laboratórios. A cotação do isobutilbenzeno, benzeno, ibuprofeno, sulfato de magnésio e os 3 catalisadores fez-se na Sigma Aldrich, a cotação do anidrido acético fez-se na Biogenic científica produtos para laboratório e manutenção, a cotação do hidróxido de sódio, acetato de etila, ácido clorídrico e hidróxido de potássio fez-se na Objetiva produtos e serviços para laboratório LTDA-EPP, a cotação do sulfato de sódio fez-se na Santos e Santana produtos hospitalres LTDA-ME.

Para os serviços auxiliares, o valor para eletricidade foi encontrado no site da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan), o valor da água de refrigeração e dos vapores de aquecimento foram estimados segundo o preço encontrado na literatura (TOWLER, 2008).

Para os gases utilizados no processo por serem de venda restrita não obteve-se o seu valor real, então usou-se estimativas de preço para efeito de cálculo.

Tabela 57 - Preço produtos e serviços da planta.

Produtos	Preço R\$/kg
Matérias Primas	
Anidrido acético	46,30
Isobutilbenzeno	2.157,78
NaOH	19,59
Acetato de etila	20,28
H2	164,70
Benzeno	376,71
CO	6,00
HCL	106,71
Acetato de etila	20,28
KOH	59,98
MgSO4	27,00
Na2SO4	16,40
Produto	
Ibuprofeno	85.450,00
Catalisadores	
HF	14
Níquel Raney	4942
Paládio	84640
Serviços auxiliares	
Vapor de alta pressão	27/t
Vapor de média pressão	24/t
Vapor de baixa pressão	20/t
Eletricidade	0,404/kwh
Água de refrigeração	0,08/m3
Ar de instrumentação	0,24/Nm3
Gás de refrigeração amônia	3,4

2.2. Vendas

O valor das vendas anuais é obtido pela multiplicação da produção anual (o número de bateladas realizadas em um ano) por preço de venda. Sabendo que a quantidade de produto, ibuprofeno, por batelada obteve-se dos balanços materiais.

É importante considerar que em indústrias farmacêuticas geralmente são vendidos mais de um produto por planta, porém neste projeto só foi considerada a venda do ibuprofeno.

Na tabela 58 estão os valores de vendas anuais.

Tabela 58 - Valores vendas anuais.

Produtos	Produção batelada	Produção anual (kg)	Preço de venda (R\$/kg)	Vendas (MR\$)
Ibuprofeno	42,52	5173	854,5	442,05

2.3. Custos

O custo nada mais significa que o valor pago ao trabalho de uma produção de bens e/ou serviços utilizados (muito embora o conceito de custo seja associado erroneamente aos conceitos “preço” e “despesa”, é corriqueiro falar que um bem ou um serviço de alto preço possui um alto custo), de forma geral, um custo é o investimento implícito da produção de algo. Podem ser classificados como fixos (como por exemplo: valor de aluguéis) e variáveis (como por exemplo: valores de matérias primas), onde a soma dos custos fixos e variáveis gera o custo total. E ainda, os custos fixos e variáveis podem ocorrer de forma direta e indireta. Outras formas de classificar custos existem, tais como: primário e secundário, ambiental, funcional, imputados e etc.(MANKIW, 2009).

Neste projeto foram estimados os custos de fabricação diretos, indiretos que podem ser fixos ou variáveis. Sendo considerado diretos matérias primas, mão de obra e Patentes. Os indiretos são mão de obra indireta, serviços gerais (inclui serviços auxiliares), fornecimentos, manutenção, laboratório e embalagem. Também se tem os custos fixos como expedição, diretivos e empregados, amortização, aluguéis, impostos e seguros.

Tabela 59 - Custos anuais.

Custos		Porcentagem	
Diretos	Matéria prima / CF1	1	20566958,2
	Mão de obra / CF2	1	18000000,0
	Patentes / CF3	0,03	13261669,1
Indiretos	Mão de obra indireta / CF3	0,3	5400000,0
	Serviços gerais / CF4	-	0,2
	Abastecimento / CF6	0,075	886840,2
	Manutenção/cf7	0,06	709472,2
	Laboratório/cf8	0,3	5400000,0
Variáveis	Embalagem/CF9	0,3	132,6
	Expedição	-	0,0
Fixos	Diretivos e empregados	0,3	5400000,0
	Amortização	-	4665260,2
	Aluguel	-	0,0
	Impostos	-	88684,0
	Seguros	-	466526,0
	Soma /CF		74845542,7
	Gastos gerais		
	Gastos comerciais	0,075	5613415,7
	Gerencia	0,04	2993821,7
	Gastos financeiros	-	0,0
	Pesquisas	-	4,4
	Soma		8607241,8
Custo total MR\$			83,5

Observações para o cálculo do custo anual

i. Custos diretos

Para o cálculo do custo anual de matérias primas fez a soma de todos os reagentes usados durante o ano.

No cálculo da mão de obra direta considerou-se como base os dados da União Química farmacêutica nacional S/A sendo então 300 funcionários recebendo o valor

de R\$ 60.000,00/ano. Vale lembrar que a indústria farmacêutica produz diversos produtos em uma única planta, por isso um número grande de funcionários.

Considerou-se o custo da patente como 3% do valor total de venda, pois já houve a “quebra” da patente do ibuprofeno o que possibilita a produção sem os custos da pesquisa e de desenvolvimento do produto original, reduzindo drasticamente os seus custos.

ii. Custos indiretos

O valor de mão de obra indireta e dos diretos e empregados é diretamente relacionada a mão de obra direta sendo calculada como 30% deste valor.

O abastecimento é relacionado com o valor total de imobilizado, recomenda-se um valor entre 0,2% e 15% do imobilizado, neste projeto usou-se o valor de 7,5% que é o valor médio do recomendado.

Para manutenção é usado o valor típico de 6% do custo total imobilizado.

O custo com laboratório é diretamente proporcional a mão de obra direta usa-se entre 15% e 40% do valor da mão de obra, foi considerado como 30%.

Os serviços gerais é a soma dos serviços auxiliares usados na planta.

- Serviços auxiliares:
- Eletricidade.

Para saber o consumo de eletricidade é necessário contabilizar todos os equipamentos que a utilizam como bombas e compressores.

Na planta em questão existem 15 bombas e mais duas bombas de refluxo. Então o consumo de energia é determinado pela potência consumida de cada uma das bombas no tempo em que são usadas por batelada.

Custo R\$/ano

$$= \text{Consumo bomba} \left(\frac{KW - h}{h} \right) \cdot \text{Custo elétrico} \left(\frac{R\$}{KW - h} \right) \\ \cdot \frac{\text{batelada} - h}{\text{ano}}$$

Tabela 60- Custo eletricidade

Eletricidade	kW/h	Batelada por ano	Custo anual MR\$
Bomba P-1	7,56	121,66	0,0004
Bomba P-2	11,06	121,66	0,0006
Bomba P-3	21,56	121,66	0,0012
Bomba P-4	29,9	121,66	0,0016
Bomba P-5	9,72	121,66	0,0005
Bomba P-6	27,36	121,66	0,0015
Bomba P-7	22,16	121,66	0,0012
Bomba P-8	16	121,66	0,0018
Bomba P-9	3,32	121,66	0,0002
Bomba P-10	0,28	121,66	0,0000
Bomba P-11	7,66	121,66	0,0004
Bomba P-12	100,6	121,66	0,0055
Bomba P-14	3,64	121,66	0,0002
Bomba P-17	12,008	121,66	0,0007
Bomba P-18	144,8	121,66	0,0079
Bomba P-21	20,8	121,66	0,0011
Bomba P-22	0,64	121,66	0,0000
Bomba P-25	7,1	121,66	0,0004
Bomba P-27	17,34	121,66	0,0009
Total			0,025

Para os cálculos foi usado o tempo de operação, sendo uma batelada a cada 3 dias, e o número de horas que o equipamento funciona por batelada durante o ano e o custo de 0,45 reais por kWh de eletricidade.

- Ar de instrumentação:

O consumo de ar de instrumentação é calculado sabendo que usa-se uma vazão de 2,0 Nm³/h para cada valvula de controle. Nesta planta temos 45 válvulas de controle.

Tabela 61-Consumo ar de instrumentação.

Ar Instrumentação	Nm3/h	Fator de operação (h)	Custo anual MR\$
Válvulas controle	90	8000	0,173

Para efeito de cálculo usou-se o valor de R\$ 0,24/Nm³ pelo ar de instrumentação e o tempo de operação padrão da planta de 8000 horas por ano, mesmo o processo sendo em batelada considerou-se o tempo total do ano, pois o seu funcionamento não é interrompido .

- Água de refrigeração:

Para estimar o gasto com água de refrigeração também deve-se contabilizar todos os equipamentos que a consomem. Para o seu cálculo foi usada a seguinte expressão:

$$m_{agua} \left(\frac{Kg}{h} \right) = \frac{m' \cdot Cp' \cdot (t_1 - t_2)}{Cp_{agua} \cdot (T_2 - T_1)}$$

$$Custo (R\$) = \frac{m_{agua} \left(\frac{Kg}{h} \right)}{\rho_{agua} \frac{Kg}{m^3}} \left(\frac{m^3}{h} \right) \cdot Preço \text{ água } \frac{R\$}{m^3} \cdot \frac{batelada (h)}{ano} .$$

Tabela 62- Custo água de refrigeração.

Água de refrigeração	Q / m3/h	Batelada por ano	Custo anual MR\$
Trocador E-3	0,079	121,66	1,54E-06
Trocador E-5	0,0025	121,66	4,90E-08
Trocador E-7	0,00055	121,66	5,42E-09
Total			1,59E-06

Para o calculo foi usado o valor de R\$ 0,08/m3 de água de refrigeração .

- Vapor de aquecimento e gás amônia:

Para o consumo do vapor de aquecimento e da amônia são somados o consumo dos equipamentos que o usam nessa planta. Para o cálculo do consumo do trocador primeiramente fez-se o cálculo do calor latente do vapor utilizado em cada um dos

trocadores e por esse valor descobriu-se a massa de vapor necessária em cada um. Os dados de entropia de líquido e sólido foram retirados da literatura. (Çengel 2013)

$$\lambda = T(S^L - S^v) = \frac{Kcal}{kg} \rightarrow \frac{Q}{\lambda} \left(\frac{\frac{kcal}{h}}{\frac{kcal}{g}} \right) = \frac{kg}{h}$$

$$Custo \frac{R\$}{ano} = Consumo \text{ vapor} \left(\frac{Kg - h}{h} \right) \cdot Custo \text{ vapor} \left(\frac{R\$}{kg} \right) \cdot \frac{batelada(h)}{ano}$$

Tabela 63- Consumo vapor de aquecimento e amônia.

Vapor de aquecimento	m/ t/batelada	Batelada por ano	Custo anual MR\$
Trocador E-2	0,0014	121,66	6,85E-06
Trocador E-4	0,042	121,66	0,00024
Trocador E-6	0,0012	121,66	3,95E-06
Total			0,00025
Vapor de amônia	m / kg/batelada	Batelada por ano	Custo anual MR\$
Trocador E-1	2,73	121,66	0,00099

Para os cálculos foi usado o tempo de operação, sendo uma batelada a cada 3 dias, e o número de horas que o equipamento funciona por batelada durante o ano e o custo estimado do vapor de alta pressão em 27 reais por tonelada, o de média 24 reais por tonelada e o de baixa em 20 reais a tonelada.

iii. Custos variáveis:

O custo com embalagem tem relação direta com o valor de vendas, considerou-se o seu gasto como 30% das vendas.

O custo com expedição não se avaliou pois depende da distância, meio de transporte e quantidade a ser expedido.

iv. Custos fixos:

O custo com diretos e empregados é proporcional a mão de obra direta sendo considerado como 30% de seu valor total.

O custo da amortização é proporcional ao investimento e neste projeto foi considerada linear 10% por dez anos.

Para o cálculo do imposto sobre a atividade empresarial e não em relação a vendas ou lucros , considerou-se um valor de 7,5% do investimento total.

Os gastos com seguro é tipicamente considerado 1% do capital imobilizado total.

v. Gastos Gerais:

Os gastos comerciais são 7,5% da soma dos custos de fabricação, o custo de fabricação é a soma dos custos diretos, indiretos, variáveis e fixos.

Os gastos com gerência também possuem relação direta com os custos de fabricação e são considerados como 4% deste.

O valor gasto com pesquisas corresponde a 1% do total de vendas.

Os serviços gerais incluem os serviços auxiliares.

3. Rentabilidade

A avaliação econômica tem como objetivo a análise da rentabilidade do projeto, já que ele só será colocado em prática se for rentável.(Towler, Chemical engineering design)

A rentabilidade de um projeto depende das vendas e custos anuais, do capital requerido e dos impostos. Para uma melhor estimativa é necessário levar em conta o horizonte temporal do projeto e o valor cronológico do dinheiro (inflação).

Na indústria química é comum considerar um horizonte temporal de 10-15 anos. Neste projeto considera-se 15 anos de operação e 3 de projeto.

Um método para indicar a rentabilidade do projeto é o método do valor atualizado líquido (VAL) que é a soma de todos os movimentos dos fundos ao longo da vida do projeto, com seu sinal, corrigidos ao ano atual. É necessário definir um tipo de juros (K), que fixará o valor da rentabilidade acima da qual o projeto gerará lucro líquido ou não. Para estimar esse valor leva-se em conta os fundos próprios (rentabilidade

que obteríamos caso os fundos não fossem investidos no projeto) e os empréstimo (juros).

Se o valor do VAL resultar positivo isso indica que o projeto é rentável , ou seja , ele gera lucros . Se for próximo de zero ou igual a zero é melhor investir em outro projeto que possibilite um maior lucro. Se o VAL for negativo o projeto não é rentável e não será implementado.

Para a análise de rentabilidade será usado o método do valor atualizado liquido (VAL).

Os dados importantes, o horizonte temporal do projeto e o valor cronológico do dinheiro (inflação), para o método seguem na tabela :

Tabela 64 - Dados para cálculo do VAL

Horizonte temporal	3 anos de posta em funcionamento + 15 anos de operação
Imobilizado	46,7
Curva de investimento	Ano 0: 10 % Ano 1: 30 % Ano 2: 60 %
Capital de giro	9,33
Vendas	442,06
Amortização	Linear 10 % por 10 anos
Impostos	35%
Inflação	5%
Juros de referência	13%

Com a tabela foram feitos os cálculos para avaliar a rentabilidade pelo fluxo de caixa.

Considerou-se para preencher a tabela de fluxo de caixa:

- Para o cálculo do imobilizado nos 3 anos de projeto foi considerada a curva de investimento, onde investiu-se 10% do total no ano zero,60% no

ano 1 e 30% no segundo ano. Supondo-se que não houve resíduo do imobilizado;

- O capital de giro é gasto no segundo ano e recuperado ao final dos quinze anos de operação;
- Os fundos investidos em um ano são a soma do capital imobilizado e do de giro (investimento) do ano;
- Considera-se a inflação de 5% a cada ano para o cálculo das vendas e dos custos anuais;
- A amortização é linear por 10 anos. Isso equivale a 10% do imobilizado por ano;
- Os benefícios brutos (BAI), ou seja, antes dos impostos são as vendas menos a soma dos custos e amortização;
- Os impostos considerados para cálculo são 35% dos benefícios antes dos impostos;
- Os benefícios líquidos (BDI) são os benefícios brutos menos os impostos;
- Os fundos gerados são os benefícios líquidos menos a amortização;
- Os fluxos de caixa (cash flow) são os fundos gerados menos os investidos de cada ano;
- A correção anual dos fluxos de caixa é feita de acordo com os juros de referência, nesse caso 10%.

3.1. Cálculo valor atualizado líquido

Para o cálculo do VAL usa-se a seguinte fórmula:

$$VAL_k = \sum_{i=0}^n \frac{F_i}{(1+k)^i}$$

Onde F_i é o fluxo de caixa de cada ano i e k é o juros de referência do projeto que neste caso é 0,13 que é o juros de referência de novembro de 2016 da Bovespa.

Tabela 65 - Resultado VAL.

Rentabilidade MMR\$	
VAL	1485,2

Com o valor atualizado líquido obtido conclui-se que a planta é extremamente rentável.

Tabela 66 - Fluxo de caixa.

Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Imobilizado	-4,7	-14,0	-28,0															
Giro			-9,3															9,3
Fundos investidos	-4,7	-14,0	-37,3															9,3
Vendas				442,1	464,2	487,4	511,7	537,3	564,2	592,4	622,0	653,1	685,8	720,1	756,1	793,9	833,6	875,2
Custos				83,5	87,6	92,0	96,6	101,4	106,5	111,8	117,4	123,3	129,5	135,9	142,7	149,9	157,4	165,2
Amortização				4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7					
Benefícios antes de impostos (BAI)				353,9	371,9	390,7	410,5	431,2	453,0	475,9	499,9	525,2	551,6	584,1	613,3	644,0	676,2	710,0
Impostos				123,9	130,2	136,7	143,7	150,9	158,6	166,6	175,0	183,8	193,1	204,4	214,7	225,4	236,7	248,5
Benefícios depois de impostos (BDI)				230,1	241,7	254,0	266,8	280,3	294,5	309,3	325,0	341,4	358,6	379,7	398,7	418,6	439,5	461,5
Fundos gerados = BDI + amortização				234,7	246,4	258,6	271,5	285,0	299,1	314,0	329,6	346,0	363,2	379,7	398,7	418,6	439,5	461,5
Cash Flow	-4,7	-14,0	-37,3	234,7	246,4	258,6	271,5	285,0	299,1	314,0	329,6	346,0	363,2	379,7	398,7	418,6	439,5	470,8
CASH FLOW ATUALIZADOS ANUAIS	-4,7	-12,4	-29,2	162,7	151,1	140,4	130,4	121,1	112,5	104,5	97,1	90,2	83,8	77,5	72,0	66,9	62,2	59,0
CASH FLOW ATUALIZADOS ACUMULADO	-4,7	-17,1	-46,3	116,4	267,5	407,9	538,3	659,4	771,9	876,4	973,5	1063,7	1147,5	1225,1	1297,1	1364,0	1426,2	1485,2

A seguir apresenta-se um gráfico do fluxo de caixa ao decorrer dos anos.

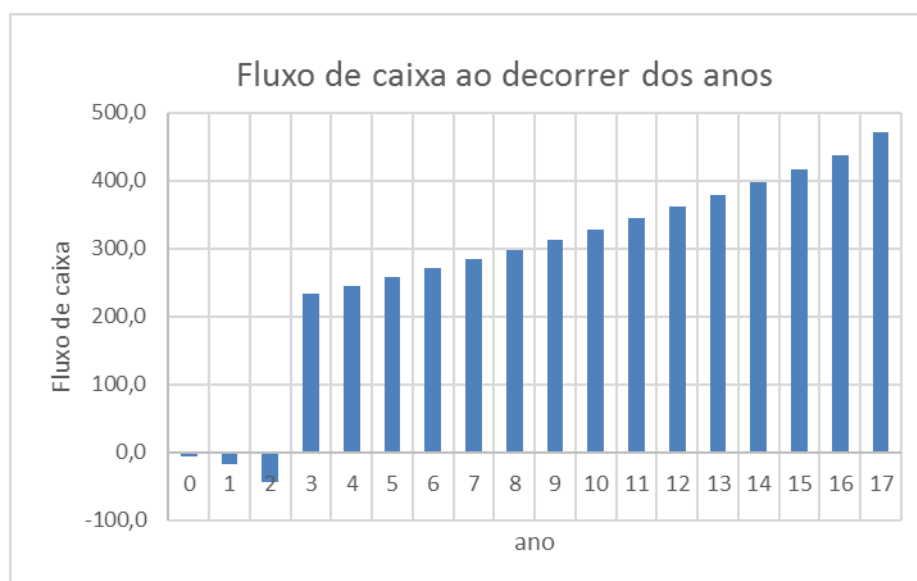


Figura 25 - Evolução dos fluxos de caixa.

Pelos fluxos de caixa também é possível verificar quando o projeto começa a gerar lucros. É feito o fluxo de caixa acumulado e pelo gráfico é possível observar a partir de que ano de operação a planta já obtém lucro, neste projeto no primeiro ano de produção ele já é rentável.

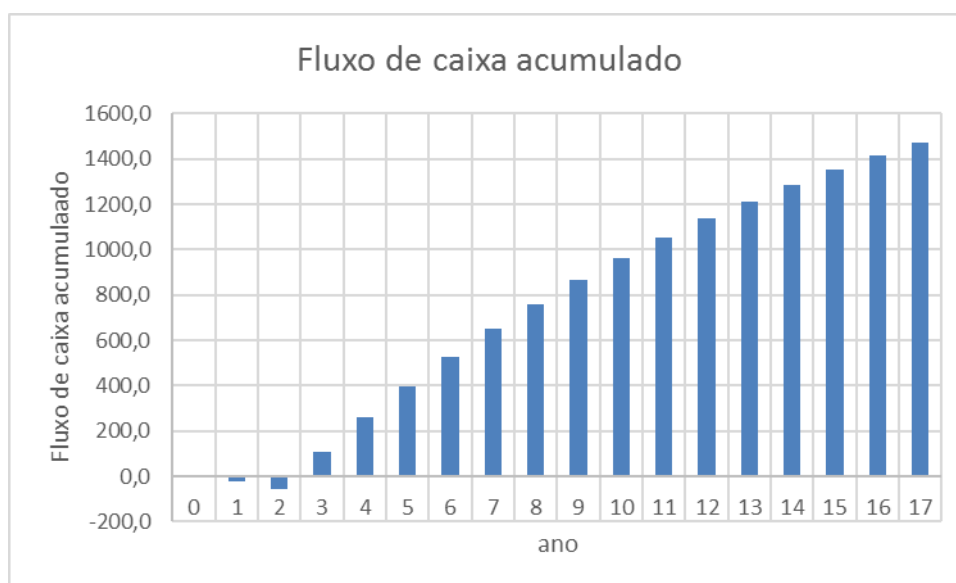


Figura 26 - Fluxo de caixa acumulado

3.2. Cálculo da Taxa Interna de Rentabilidade(TIR)

O valor do TIR é o valor de juros de referência quando o VAL se iguala a zero ,ou seja, é feita a variação do k na formula do VAL até convergir a zero.

$$TIR = \sum_{i=0}^n \frac{F_i}{(1 + TIR)^i} = 0$$

Se o valor de TIR for maior do que o k de referência (juros), significa que o projeto é rentável.

Tabela 67-Valor TIR

TIR	1,8
-----	-----

Observa-se que o valor para taxa interna de rentabilidade, foi extremamente elevado o que indica o quanto ele é rentável.

4. Análise da sensibilidade da rentabilidade do projeto ao investimento (+300%)

Devido a alta rentabilidade do projeto só obteve-se influência na rentabilidade com aumento de 300% nos investimentos totais. Ao triplicar o valor do investimento obteve-se os seguintes valores para estimação do imobilizado.

Tabela 68-Valor imobilizado com 300% a mais de investimento.

Custo 2015	
(MR\$)	
Capital de Giro	28,0
Capital Imobilizado	140,0
Investimento Total	167,9

O fluxo de caixa com o aumento do investimento foi :

Tabela 69 - Fluxo de caixa para investimento 300% maior.

Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Imobilizado	-14,0	-42,0	-84,0															
Giro			-28,0															28,0
Fundos investidos	-14,0	-42,0	-112,0															28,0
Vendas				442,1	464,2	487,4	511,7	537,3	564,2	592,4	622,0	653,1	685,8	720,1	756,1	793,9	833,6	875,2
Custos				94,9	99,6	104,6	109,9	115,3	121,1	127,2	133,5	140,2	147,2	154,6	162,3	170,4	178,9	187,9
Amortização				14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0					
Benefícios antes de impostos (BAI)				333,2	350,5	368,7	387,9	408,0	429,1	451,2	474,5	498,9	524,6	565,5	593,8	623,4	654,6	687,4
Impostos				116,6	122,7	129,1	135,8	142,8	150,2	157,9	166,1	174,6	183,6	197,9	207,8	218,2	229,1	240,6
Benefícios depois de impostos (BDI)				216,6	227,8	239,7	252,1	265,2	278,9	293,3	308,4	324,3	341,0	367,6	385,9	405,2	425,5	446,8
Fundos gerados = BDI + amortização				230,6	241,8	253,7	266,1	279,2	292,9	307,3	322,4	338,3	355,0	367,6	385,9	405,2	425,5	446,8
Cash flow	-14,0	-42,0	-112,0	230,6	241,8	253,7	266,1	279,2	292,9	307,3	322,4	338,3	355,0	367,6	385,9	405,2	425,5	474,8
CASH FLOW ATUALIZADOS ANUAIS	-14,0	-37,2	-87,7	159,8	148,3	137,7	127,8	118,7	110,2	102,3	95,0	88,2	81,9	75,0	69,7	64,8	60,2	59,4
CASH FLOW ATUALIZADOS ACUMULADO	-14,0	-51,2	-138,8	20,9	169,3	307,0	434,8	553,4	663,6	765,9	860,9	949,1	1031,0	1106,0	1175,8	1240,5	1300,8	1360,2

Com a modificação no investimento o valor líquido acumulado (VAL) diminuiu aproximadamente em 10% , e o projeto continuou rentável.

Tabela 70-VAL 300% a mais de investimento.

Rentabilidade MMR\$	
VAL	1360,2

Com o fluxo de caixa acumulado é possível verificar que com o triplo de investimento se obtém lucro a partir do segundo ano de operação e não mais no primeiro.

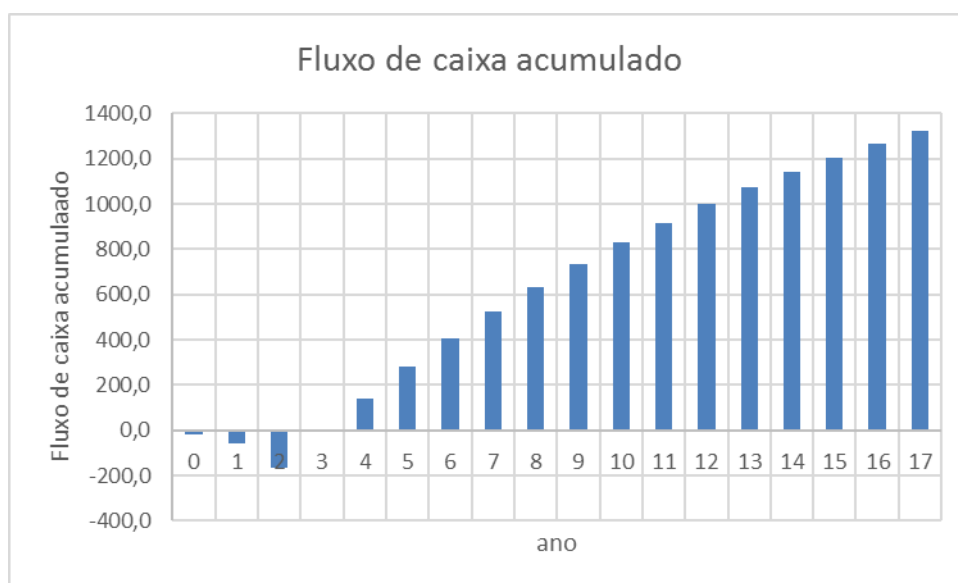


Figura 27 - Fluxo de caixa acumulado com 300% a mais de investimento.

5. Análise da sensibilidade da rentabilidade do projeto ao câmbio do dólar

Manteve-se todos os investimentos, custos e vendas constantes e variou-se o valor do dólar para observar a sua influência na rentabilidade, ou seja, no valor líquido acumulado. Observa-se que o projeto não sofre influência do câmbio do dólar, pois mesmo se o dólar atingisse o valor de R\$ 64,00 o projeto ainda seria rentável, e isso pode ser confirmado na figura a seguir.

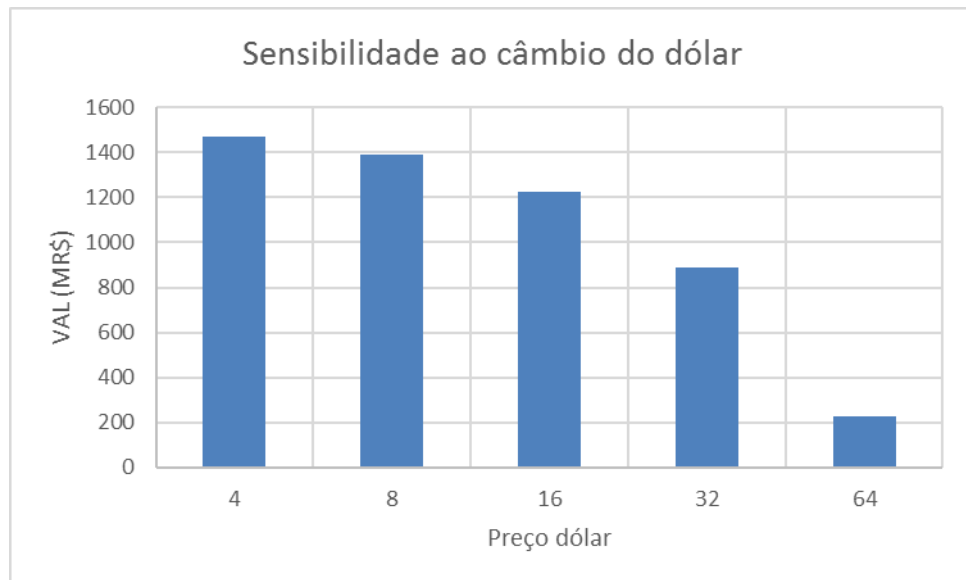


Figura 28 - Sensibilidade ao câmbio do dólar

Equipment	Units for Size, <i>S</i>	<i>S</i> _{Lower}	<i>S</i> _{Upper}	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>n</i>	Note
<i>Agitators & mixers</i>							
Propeller	driver power, kW	5.0	75.0	4,300	1,920	0.8	
Spiral ribbon mixer	driver power, kW	5.0	35.0	11,000	420	1.5	
Static mixer	Liters/s	1.0	50.0	780	62	0.8	
<i>Boilers</i>							
Packaged, 15 to 40 bar	kg/h steam	5,000.0	200,000.0	4,600	62	0.8	
Field erected, 10 to 70 bar	kg/h steam	20,000.0	800,000.0	-90,000	93	0.8	
<i>Centrifuges</i>							
High-speed disk	diameter, m	0.26	0.49	63,000	260,000	0.8	
Atmospheric suspended basket	power, kW	2.0	20.0	37,000	1,200	1.2	
<i>Compressors</i>							
Blower	m ³ /h	200.0	5,000.0	4,200	27	0.8	
Centrifugal	driver power, kW	132.0	29,000.0	8,400	3,100	0.6	
Reciprocating	driver power, kW	100.0	16,000.0	240,000	1.33	1.5	
<i>Conveyors</i>							
Belt, 0.5 m wide	length, m	10.0	500.0	21,000	340	1.0	
Belt, 1.0 m wide	length, m	10.0	500.0	23,000	575	1.0	
Bucket elevator, 0.5 m bucket	height, m	10.0	35.0	14,000	1,450	1.0	
<i>Crushers</i>							
Reversible hammer mill	tonne/h	20.0	400.0	400	9,900	0.5	
Pulverizers	kg/h	200.0	4,000.0	3,000	390	0.5	
<i>Crystallizers</i>							
Scraped surface crystallizer	length, m	7.0	280.0	41,000	40,000	0.7	
<i>Distillation columns</i>							
See pressure vessels, packing, and trays							
<i>Dryers</i>							
Direct contact rotary	area, m ²	11.0	180.0	-7,400	4,350	0.9	1
Pan	area, m ²	1.5	15.0	-5,300	24,000	0.5	2
Spray dryer	evap rate kg/h	400.0	4,000.0	190,000	180	0.9	
<i>Evaporators</i>							
Vertical tube	area, m ²	11.0	640.0	17,000	13,500	0.6	
Agitated falling film	area, m ²	0.5	12.0	29,000	53,500	0.6	

(continued)

Figura 29 - Custo dos equipamentos. Fonte : TOWLER,2008.

Equipment	Units for Size, S	S_{Lower}	S_{Upper}	a	b	n	Note
<i>Exchangers</i>							
U-tube shell and tube	area, m ²	10.0	1,000.0	10,000	88	1.0	
Floating head shell and tube	area, m ²	10.0	1,000.0	11,000	115	1.0	
Double pipe	area, m ²	1.0	80.0	500	1,100	1.0	
Thermosyphon reboiler	area, m ²	10.0	500.0	13,000	95	1.0	
U-tube Kettle reboiler	area, m ²	10.0	500.0	14,000	83	1.0	
Plate and frame	area, m ²	1.0	180.0	1,100	850	0.4	3
<i>Filters</i>							
Plate and frame	capacity, m ³	0.4	1.4	76,000	54,000	0.5	
Vacuum drum	area, m ²	10.0	180.0	-45,000	56,000	0.3	
<i>Furnaces</i>							
Cylindrical	duty, MW	0.2	60.0	53,000	69,000	0.8	
Box	duty, MW	30.0	120.0	7,000	71,000	0.8	
<i>Packings</i>							
304 ss Raschig rings	m ³			0	3,700	1.0	
Ceramic intalox saddles	m ³			0	930	1.0	
304 ss Pall rings	m ³			0	4,000	1.0	
PVC structured packing	m ³			0	250	1.0	
304 ss structured packing	m ³			0	3,200	1.0	4
<i>Pressure vessels</i>							
Vertical, cs	shell mass, kg	150.0	69,200.0	-400	230	0.6	5
Horizontal, cs	shell mass, kg	250.0	69,200.0	-2,500	200	0.6	
Vertical, 304 ss	shell mass, kg	90.0	124,200.0	-10,000	600	0.6	5
Horizontal, 304 ss	shell mass, kg	170.0	114,000.0	-15,000	560	0.6	
<i>Pumps and drivers</i>							
Single-stage centrifugal	flow Liters/s	0.2	500.0	3,300	48	1.2	
Explosion-proof motor	power, kW	1.0	2,500.0	920	600	0.7	
Condensing steam turbine	power, kW	100.0	20,000.0	-19,000	820	0.8	
<i>Reactors</i>							
Jacketed, agitated	volume, m ³	0.5	100.0	14,000	15,400	0.7	
Jacketed, agitated, glass-lined	volume, m ³	0.5	25.0	13,000	34,000	0.5	
<i>Tanks</i>							
Floating roof	capacity, m ³	100.0	10,000.0	53,000	2,400	0.6	
Cone roof	capacity, m ³	10.0	4,000.0	5,700	700	0.7	
<i>Trays</i>							
Sieve trays	diameter, m	0.5	5.0	100	120	2.0	6
Valve trays	diameter, m	0.5	5.0	130	146	2.0	6
Bubble cap trays	diameter, m	0.5	5.0	200	240	2.0	6
<i>Utilities</i>							
Cooling tower & pumps	flow liters/s	100.0	10,000.0	61,000	650	0.9	7
Packaged mechanical refrigerator	evaporator duty, kW	50.0	1,500.0	4,900	720	0.9	
Water ion exchange plant	flow m ³ /h	1.0	50.0	6,200	4,300	0.7	

Figura 30- Custo dos equipamentos. Fonte:TOWLER,2008.

CONCLUSÃO

A indústria farmacêutica possui um alto movimento econômico, sendo uma das áreas de maior lucro do mundo, assim os remédios em geral possuem alto valor agregado, incluindo o ibuprofeno. Atrelando isso à sua enorme quantidade comercializada, torna essa droga um excelente investimento com alto retorno.

Pensando nisso, o projeto teve por objetivo o dimensionamento e análise de risco de uma planta industrial com produção de 100.000 (cem mil) cápsulas do remédio por lote. A projeção da indústria farmacêutica primária, que produz o medicamento em si através de síntese orgânica, foi realizada com equipamentos de pequeno porte com fluxo, em geral, inferior a 1 m³ e operando em batelada. A indústria secundária não foi incluída no projeto, porém a etapa de encapsulamento também é de extrema importância para a indústria e deve ser analisada.

A síntese empregada no processo possui geração de resíduos virtualmente nula, tornando o projeto uma excelente alternativa para o emprego industrial. Os resíduos em geral são destinados a outras indústrias, como a do vidro e de produtos de higiene. A alta eficiência atômica associada a um aproveitamento dos rejeitos é uma peça fundamental para uma rota ambientalmente sustentável.

A avaliação econômica do projeto foi realizada e ele possui um valor acumulado líquido positivo. No primeiro ano de produção, já há retorno de investimento com bom lucro. A análise de sensibilidade ao câmbio e de sensibilidade ao aumento de investimento indicaram que mesmo com alta variabilidade monetária e investimento triplicado o retorno ainda é obtido facilmente. Logo, o projeto apresenta-se como uma excelente alternativa de investimento com alto retorno.

ANEXO I - FOLHAS DE ESPECIFICAÇÃO

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde				Balanços de calor e matéria			
UNIDADE DE :						Pág.	1	de	32
BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA									
DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES									
2 CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO		Reação 1							
3 Nº DE CORRENTE		1		2		3		4	
4 DESCRIÇÃO		Corrente de Alimentação		Corrente de Alimentação		Alimentação Bombeada		Alimentação Bombeada	
5									
6 PRESSÃO (1)		kg/cm ² g	1,0327	1,0327	1,7467	1,7467			
7 TEMPERATURA		°C	25	25	25	25			
8 VAZÃO TOTAL		kg/h	163,52	248	163,52	248			
9 % VAPOR		%p	0	0	0	0			
10 VAZÃO TOTAL DE VAPOR		kg/h	-	-	-	-			
11 INCONDENSÁVEIS (N2,...)		kg/h	-	-	-	-			
12 VAPOR DE AGUA		kg/h	-	-	-	-			
13 HIDROCARBONETOS		kg/h	-	-	-	-			
14 VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO		kg/h	163,52	248	163,52	248			
15 AGUA LIVRE		kg/h	-	-	-	-			
16 HIDROCARBONETOS		kg/h	163,52	248	163,52	248			
17 ENTALPIA TOTAL		Gcal/h	0,0196	-0,372	-0,0196	-0,372			
18 COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS		% p / ppm p	100	100	100	100			
19 SÓLIDOS : QUANTIDADE		%	-	-	-	-			
20 SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA		Micras	-	-	-	-			
PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)									
22 VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T		m ³ /h	-	-	-	-			
23 VAZÃO VOLUMÉTRICA @ (1 atm, 0°C)		Nm ³ /h	-	-	-	-			
24 PESO MOLECULAR		kg/kmol	-	-	-	-			
25 DENSIDADE @P,T		kg/m ³	-	-	-	-			
26 DENSIDADE @ (1 atm, 0°C)		kg/Nm ³	-	-	-	-			
27 VISCOSIDADE @T		cP	-	-	-	-			
28 CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T		kcal/h m °C	-	-	-	-			
29 CALOR ESPECÍFICO @T		kcal/kg °C	-	-	-	-			
30 FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T		~	-	-	-	-			
31 Cp / Cv		~	-	-	-	-			
32 ENTALPIA		Gcal/h	-	-	-	-			
PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)									
34 VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T		m ³ /h	0,1908	0,228	0,1908	0,228			
35 VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C		m ³ /h							
36 DENSIDADE @T		kg/m ³	849,5	1073	849,5	1073			
37 DENSIDADE @15°C		kg/m ³							
38 VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T		cSt	0,9883	0,8037	0,9883	0,8037			
39 VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C		cSt							
40 VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C		cSt							
41 VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C		cSt							
42 CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T		kcal/h m °C	0,12	0,1244	0,12	0,1244			
43 CALOR ESPECÍFICO @T		kcal/kg °C	0,3982	0,4414	0,3982	0,4414			
44 TENSÃO SUPERFICIAL @P,T		dinas/cm	29,16	4840	29,16	4840			
45 PRESSÃO DE VAPOR @T		kg/cm ² a	0,5651	0,0163	0,5651	0,0163			
46 ENTALPIA		Gcal/h	-0,0196	-0,372	-0,0196	-0,372			
MISCELÂNEOS									
48									
49									
50									
51									
52									
53 NOTAS :									
54 (1)		A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais							
55 (2)		Pressão de vapor obtida a 37,8 °C							
56									
57									
58									
Rev.		Por							
Data		Aprovado							

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde						Balanço de calor e massa			
UNIDADEEE :								Pág.	2	de	32
BALANÇO DE CALOR E MASSA											
COMPOSIÇÃO											
Nº CORRENTE		1		2							
Componente / pseudocomp.		% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol		
Isobutilbenzeno		100	100	-	-	100	100	-	-		
Anidrido Acético		-	-	100	100	-	-	100	100		
Ácido Fluorídrico		-	-	-	-	-	-	-	-		
Hidróxido de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-		
Água		-	-	-	-	-	-	-	-		
Fluoreto de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-		
Isobutilacetofenona		-	-	-	-	-	-	-	-		
Ácido Acético		-	-	-	-	-	-	-	-		
Acetato de Etila		-	-	-	-	-	-	-	-		
Hidróxido de Potássio		-	-	-	-	-	-	-	-		
Acetato de Potássio		-	-	-	-	-	-	-	-		
Sulfato de Magnésio		-	-	-	-	-	-	-	-		
Sulfato de Magnésio Hidratado		-	-	-	-	-	-	-	-		
Níquel Raney		-	-	-	-	-	-	-	-		
Hidrogênio		-	-	-	-	-	-	-	-		
1-(4'-isobutilfenil)etanol		-	-	-	-	-	-	-	-		
Ácido Clorídrico		-	-	-	-	-	-	-	-		
Benzeno		-	-	-	-	-	-	-	-		
Complexo de Paládio		-	-	-	-	-	-	-	-		
Monóxido de Carbono		-	-	-	-	-	-	-	-		
Sulfato de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-		
Sulfato de Sódio Hidratado		-	-	-	-	-	-	-	-		
Ibuprofeno		-	-	-	-	-	-	-	-		

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			Balanços de calor e matéria		
UNIDADE :					Pág.	3	de 32
BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA							
DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES							
CASO DE OPERAÇÃO/DESENH		Reação 1					
Nº DE CORRENTE		5	6	7	8		
DESCRIÇÃO		Alimentação Resfriada	Corrente de Alimentação	Produto da Reação 1	Produto 1 Bombeado		
6	PRESSÃO (1)	kg/cm ² g	1,0327	0,2039	0,2039	1,0327	
7	TEMPERATURA	°C	5	25	80	80	
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	411,6	1208,8	411,6	411,6	
9	% VAPOR	%p	-	100	-	-	
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	-	1208,8	-	-	
11	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	
12	VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	-	-	
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
14	VAZÃO TOTAL DE LIQUIDO	kg/h	411,6	-	411,6	411,6	
15	AGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-	
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	411,6	-	411,6	411,6	
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	-0,3868	-3,9284	-0,4096	-0,4096	
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	100	100	57,73	57,73	
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	-	-	-	-	
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)							
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	-	7492	-	-	
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ (1 atm, 0°C)	Nm ³ /h	-	-	-	-	
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	20,01	-	-	
25	DENSIDADE @P,T	kg/m ³	-	0,1614	-	-	
26	DENSIDADE @ (1 atm, 0°C)	kg/Nm ³	-	-	-	-	
27	VISCOSIDADE @T	cP	-	0,0051	-	-	
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	0,017	-	-	
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	0,3482	-	-	
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T	~	-	-	-	-	
31	Cp / Cv	~	-	1,399	-	-	
32	ENTALPIA	Gcal/h	-	-3,9284	-	-	
PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)							
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	0,4112	-	0,4252	0,4252	
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m ³ /h	-	-	-	-	
36	DENSIDADE @T	kg/m ³	1012	-	968,3	968,3	
37	DENSIDADE @15°C	kg/m ³	-	-	-	-	
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	1,146	-	0,8583	0,8583	
39	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C	cSt	-	-	-	-	
40	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C	cSt	-	-	-	-	
41	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C	cSt	-	-	-	-	
42	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	0,1275	-	0,1187	0,1187	
43	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	0,4082	-	0,4349	0,4349	
44	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	3466	-	1550	1550	
45	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm ² a	0,0128	-	0,0184	0,0184	
46	ENTALPIA	Gcal/h	-0,3868	-	-0,4096	-0,4096	
MISCELÂNEOS							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
NOTAS :							
54	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais					
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO : Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde						Balanço de calor e massa			
UNIDADE DE :						Pág.	4	de	32
	BALANÇO DE CALOR E MASSA								
1	COMPOSIÇÃO								
2	Nº CORRENTE	5		6		7		8	
3	Componente / pseudocomp.	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol
4	Isobutilbenzeno	39,74	33,4	-	-	7,55	6,35	7,55	6,35
5	Anidrido Acético	60,26	66,6	-	-	35,79	39,55	35,79	39,55
6	Ácido Fluorídrico	-	-	100	100	-	-	-	-
7	Hidróxido de Sódio	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Água	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Fluoreto de Sódio	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Isobutilacetofenona	-	-	-	-	42,27	27,05	42,27	27,05
11	Ácido Acético	-	-	-	-	14,4	27,05	14,4	27,05
12	Acetato de Etila	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Hidróxido de Potássio	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Acetato de Potássio	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Sulfato de Magnésio	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Sulfato de Magnésio Hidratado	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Níquel Raney	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Hidrogênio	-	-	-	-	-	-	-	-
19	1-(4'-isobutylfenil)etanol	-	-	-	-	-	-	-	-
20	Ácido Clorídrico	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Benzeno	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Complexo de Paládio	-	-	-	-	-	-	-	-
23	Monóxido de Carbono	-	-	-	-	-	-	-	-
24	Sulfato de Sódio	-	-	-	-	-	-	-	-
25	Sulfato de Sódio Hidratado	-	-	-	-	-	-	-	-
26	Ibuprofeno	-	-	-	-	-	-	-	-
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43	Agua	-	-	-	-	-	-	-	-
44	Total	100	100	100	100	100	100	100	100
45	Vazão total seca (kg/h)	411,52		1208,8		411,52		411,52	
46	Vazão total seca (kmol/h)	3,6476		60,43		3,6476		3,6476	
47	Vazão total úmida (kg/h)	-		-					
48	Vazão total úmida (kmol/h)	-		-					
49	NOTAS :								
50									
51									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
	Rev.	Por							
	Data	Aprovado							

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde				Balanços de calor e matéria	
UNIDADE:						Pág.	5 de 32
BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA							
DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES							
CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO		Reação 1					
Nº DE CORRENTE		9	10	11	12		
DESCRIÇÃO		Catalisador Reação 1	Alimentação NaOH	NaF	Água		
6	PRESSÃO (1)	kg/cm ² g	0,2039	1,0327	0,2039	0,2039	
7	TEMPERATURA	°C	80	80	80	80	
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	151,1	302,2	317,3	136,05	
9	% VAPOR	%p	100	-	-	100	
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	151,5	-	-	136,05	
11	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	
12	VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	-	136,05	
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
14	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	-	-	0,12045	-	
15	AGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-	
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	-0,49105	-0,13445	-0,01725	-0,43245	
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	100	100	-	-	
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	-	100	99,95	-	
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)							
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	1109	-	-	1108,5	
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ (1 atm, 0°C)	Nm ³ /h	-	-	-	-	
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	20,01	-	-	18	
25	DENSIDADE @P,T	kg/m ³	0,1363	-	-	0,1227	
26	DENSIDADE @ (1 atm, 0°C)	kg/Nm ³	-	-	-	-	
27	VISCOSIDADE @T	cP	0,0062	-	-	0,0113	
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	0,0202	-	-	0,0197	
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	0,3485	-	-	0,4524	
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T	~	-	-	-	-	
31	Cp / Cv	~	1,399	-	-	1,322	
32	ENTALPIA	Gcal/h	-0,49105	-	-	-0,43245	
PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)							
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	-	-	0,000125	-	
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m ³ /h	-	-	-	-	
36	DENSIDADE @T	kg/m ³	-	-	887	-	
37	DENSIDADE @15°C	kg/m ³	-	-	-	-	
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	-	-	0,1893	-	
39	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C	cSt	-	-	-	-	
40	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C	cSt	-	-	-	-	
41	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C	cSt	-	-	-	-	
42	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	-	0,3971	-	
43	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	0,9763	-	
44	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	-	-	42000	-	
45	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm ² a	-	-	0,2821	-	
46	ENTALPIA	Gcal/h	-	-	-0,00015	-	
MISCELÂNEOS							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
NOTAS :							
54	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais					
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde						Balanço de calor e massa			
UNIDADE DE :								Pág.	6	de	32
BALANÇO DE CALOR E MASSA											
COMPOSIÇÃO											
Nº CORRENTE		9		10		11		12			
Componente / pseudocomp.		% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol		
Isobutilbenzeno		-	-	-	-	-	-	-	-		
Anidrido Acético		-	-	-	-	-	-	-	-		
Ácido Fluorídrico		100	100	-	-	-	-	-	-		
Hidróxido de Sódio		-	-	100	100	0,03	0,03	-	-		
Água		-	-	-	-	0,01	0,02	100	100		
Fluoreto de Sódio		-	-	-	-	99,96	99,95	-	-		
Isobutilacetofenona		-	-	-	-	-	-	-	-		
Ácido Acético		-	-	-	-	-	-	-	-		
Acetato de Etila		-	-	-	-	-	-	-	-		
Hidróxido de Potássio		-	-	-	-	-	-	-	-		
Acetato de Potássio		-	-	-	-	-	-	-	-		
Sulfato de Magnésio		-	-	-	-	-	-	-	-		
Sulfato de Magnésio Hidratado		-	-	-	-	-	-	-	-		
Níquel Raney		-	-	-	-	-	-	-	-		
Hidrogênio		-	-	-	-	-	-	-	-		
1-(4'-isobutilfenil)etanol		-	-	-	-	-	-	-	-		
Ácido Clorídrico		-	-	-	-	-	-	-	-		
Benzeno		-	-	-	-	-	-	-	-		
Complexo de Paládio		-	-	-	-	-	-	-	-		
Monóxido de Carbono		-	-	-	-	-	-	-	-		
Sulfato de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-		
Sulfato de Sódio Hidratado		-	-	-	-	-	-	-	-		
Ibuprofeno		-	-	-	-	-	-	-	-		

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			Balanços de calor e matéria		
UNIDADE:					Pág.	7	de 32
BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA							
DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES							
CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO		Reação 1					
Nº DE CORRENTE		13	14	15	16		
DESCRIÇÃO		Alimentação KOH	Alimentação EtOAc	Produto Neutro 1	Neutro 1 Bombeado		
6	PRESSÃO (1)	kg/cm ² g	1,0329	1,0329	1,0329	1,7467	
7	TEMPERATURA	°C	25	25	25	25	
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	258,8	8,264	1479,856	1479,856	
9	% VAPOR	%p	-	-	-	-	
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	-	-	-	-	
11	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	
12	VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	-	-	
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
14	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	258,8	8,264	1479,856	1479,856	
15	AGUA LIVRE	kg/h	244,93	-	-	-	
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	-0,9393	-0,0107	-4,2065	-4,2065	
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	5,36	-	23,81	23,81	
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	-	-	-	-	
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)							
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	-	-	-	-	
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ (1 atm, 0°C)	Nm ³ /h	-	-	-	-	
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	-	-	-	
25	DENSIDADE @P,T	kg/m ³	-	-	-	-	
26	DENSIDADE @ (1 atm, 0°C)	kg/Nm ³	-	-	-	-	
27	VISCOSIDADE @T	cP	-	-	-	-	
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	-	-	-	
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	-	-	
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T	~	-	-	-	-	
31	Cp / Cv	~	-	-	-	-	
32	ENTALPIA	Gcal/h	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)							
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	0,2511	0,00928	1,44	1,44	
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m ³ /h					
36	DENSIDADE @T	kg/m ³	1031	890,4	1027,6778	1027,6778	
37	DENSIDADE @15°C	kg/m ³					
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	0,9012	0,4715	1,309	1,309	
39	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C	cSt					
40	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C	cSt					
41	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C	cSt					
42	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	0,5162	0,1284	0,4853	0,4853	
43	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	0,9729	0,4622	0,8102	0,8102	
44	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	75,21	36,52	186,9	186,9	
45	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm ² a	0,0656	0,2323	0,1102	0,1102	
46	ENTALPIA	Gcal/h	-0,9393	-0,0107	-4,2065	-4,2065	
MISCELÂNEOS							
48							
49							
50							
51							
52							
NOTAS :							
54	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais					
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO : Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde							Balanço de calor e massa			
UNIDADE DE :							Pág.	8	de	32
BALANÇO DE CALOR E MASSA										
COMPOSIÇÃO										
Nº CORRENTE		13		14		15		16		
Componente / pseudocomp.		% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	
Isobutilbenzeno		-	-	-	-	2,099	0,39	2,099	0,39	
Anidrido Acético		-	-	-	-	9,95	2,43	9,95	2,43	
Ácido Fluorídrico		-	-	-	-	-	-	-	-	
Hidróxido de Sódio		-	-	-	-	0,0008	0,21	0,0008	0,21	
Água		94,64	98,21	-	-	67,41	93,23	67,41	93,23	
Fluoreto de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-	
Isobutilacetofenona		-	-	-	-	11,75	1,66	11,75	1,66	
Ácido Acético		-	-	-	-	-	-	-	-	
Acetato de Etila		-	-	100	100	2,23	0,63	2,23	0,63	
Hidróxido de Potássio		5,36	1,79	-	-	-	-	-	-	
Acetato de Potássio		-	-	-	-	6,54	1,66	6,54	1,66	
Sulfato de Magnésio		-	-	-	-	-	-	-	-	
Sulfato de Magnésio Hidratado		-	-	-	-	-	-	-	-	
Níquel Raney		-	-	-	-	-	-	-	-	
Hidrogênio		-	-	-	-	-	-	-	-	
1-(4'-isobutilfenil)etanol		-	-	-	-	-	-	-	-	
Ácido Clorídrico		-	-	-	-	-	-	-	-	
Benzeno		-	-	-	-	-	-	-	-	
Complexo de Paládio		-	-	-	-	-	-	-	-	
Monóxido de Carbono		-	-	-	-	-	-	-	-	
Sulfato de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-	
Sulfato de Sódio Hidratado		-	-	-	-	-	-	-	-	
Ibuprofeno		-	-	-	-	-	-	-	-	
				</						

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde				Balanços de calor e matéria	
UNIDADE:						Pág.	9 de 32
BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA							
DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES							
CASO DE OPERAÇÃO/DESENH		Reação 1					
Nº DE CORRENTE		17	18	19	20		
DESCRIÇÃO		Fase Orgânica Reação 1	Bomba Orgânica	Fase Aquosa Reação 1	Alimentação MgSO4		
6	PRESSÃO (1)	kg/cm ² g	1,0329	1,7467	1,0329	1,0329	
7	TEMPERATURA	°C	25	25	25	25	
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	481,32	481,32	249,634	24	
9	% VAPOR	%p	-	-	-	-	
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	-	-	-	-	
11	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	
12	VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	-	-	
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
14	VAZÃO TOTAL DE LIQUIDO	kg/h	481,32	481,32	249,634	-	
15	AGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-	
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	-0,3553	-0,3553	-0,9656	-	
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	90,62	90,62	-	-	
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	-	-	-	100	
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)							
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	-	-	-	-	
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ (1 atm, 0°C)	Nm ³ /h	-	-	-	-	
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	-	-	-	
25	DENSIDADE @P,T	kg/m ³	-	-	-	-	
26	DENSIDADE @ (1 atm, 0°C)	kg/Nm ³	-	-	-	-	
27	VISCOSIDADE @T	cP	-	-	-	-	
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	-	-	-	
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	-	-	
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T	~	-	-	-	-	
31	Cp / Cv	~	-	-	-	-	
32	ENTALPIA	Gcal/h	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)							
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	0,3844	0,3844	0,2645	-	
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m ³ /h				-	
36	DENSIDADE @T	kg/m ³	1002	1002	1035	-	
37	DENSIDADE @15°C	kg/m ³				-	
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	1,791	1,791	1,141	-	
39	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C	cSt				-	
40	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C	cSt				-	
41	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C	cSt				-	
42	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	0,1182	0,1182	0,5157	-	
43	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	0,3998	0,3998	0,9546	-	
44	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	2318	2318	72,14	-	
45	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm ² a	0,0369	0,0369	0,0656	-	
46	ENTALPIA	Gcal/h	-0,3553	-0,3553	-0,9656	-	
MISCELÂNEOS							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
NOTAS :							
54	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais					
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde						Balanço de calor e massa			
UNIDADE :								Pág.	10	de	32
BALANÇO DE CALOR E MASSA											
COMPOSIÇÃO											
Nº CORRENTE		17		18		19		20			
Componente / pseudocomp.		% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol		
Isobutilbenzeno		6,45	2,76	6,45	2,76	-	-	-	-		
Anidrido Acético		30,6	17,23	30,6	17,23	-	-	-	-		
Ácido Fluorídrico		-	-	-	-	-	-	-	-		
Hidróxido de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-		
Água		19,95	63,73	19,95	63,73	90,3	97,3	-	-		
Fluoreto de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-		
Isobutilacetofenona		36,16	11,79	36,16	11,79	-	-	-	-		
Ácido Acético		-	-	-	-	-	-	-	-		
Acetato de Etila		2,33	4,45	2,33	4,45	-	-	-	-		
Hidróxido de Potássio		-	-	-	-	0,01	0	-	-		
Acetato de Potássio		-	-	-	-	9,7	2,7	-	-		
Sulfato de Magnésio		-	-	-	-	-	-	100	100		
Sulfato de Magnésio Hidratado		-	-	-	-	-	-	-	-		
Níquel Raney		-	-	-	-	-	-	-	-		
Hidrogênio		-	-	-	-	-	-	-	-		
1-(4'-isobutilfenil)etanol		-	-	-	-	-	-	-	-		
Ácido Clorídrico		-	-	-	-	-	-	-	-		
Benzeno		-	-	-	-	-	-	-	-		
Complexo de Paládio		-	-	-	-	-	-	-	-		
Monóxido de Carbono		-	-	-	-	-	-	-	-		
Sulfato de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-		
Sulfato de Sódio Hidratado		-	-	-	-	-	-	-	-		
Ibuprofeno		-	-	-	-	-	-	-	-		

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			Balanços de calor e matéria		
UNIDADE:					Pág.	11	de 32
BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA							
DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES							
CASO DE OPERAÇÃO/DESENH		Reação 1					
Nº DE CORRENTE		21	22	23	24		
DESCRIÇÃO		Secagem 1	Secagem 1 Bomba	Sólido Filtro 1	Líquido Filtro 1		
6	PRESSÃO (1)	kg/cm ² g	1,0329	1,7467	1,0329	1,0329	
7	TEMPERATURA	°C	25	25	25	25	
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	577,32	577,32	48	96,33	
9	% VAPOR	%p	-	-	-	-	
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	-	-	-	-	
11	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	
12	VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	-	-	
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
14	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	385,32	385,32	-	96,33	
15	AGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-	
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	-0,3553	-0,3553	-	-0,3553	
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	59,92	59,92	-	61,01	
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	33,26	33,26	100	-	
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)							
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	-	-	-	-	
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ (1 atm, 0°C)	Nm ³ /h	-	-	-	-	
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	-	-	-	
25	DENSIDADE @P,T	kg/m ³	-	-	-	-	
26	DENSIDADE @ (1 atm, 0°C)	kg/Nm ³	-	-	-	-	
27	VISCOSIDADE @T	cP	-	-	-	-	
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	-	-	-	
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	-	-	
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T	~	-	-	-	-	
31	Cp / Cv	~	-	-	-	-	
32	ENTALPIA	Gcal/h	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)							
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	0,3844	0,3844	-	0,3844	
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m ³ /h			-		
36	DENSIDADE @T	kg/m ³	1002	1002	-	1002	
37	DENSIDADE @15°C	kg/m ³			-		
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	1,791	1,791	-	1,791	
39	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C	cSt			-		
40	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C	cSt			-		
41	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C	cSt			-		
42	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	0,1182	0,1182	-	0,1182	
43	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	0,3998	0,3998	-	0,3998	
44	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	2318	2318	-	2318	
45	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm ² a	0,0369	0,0369	-	0,0369	
46	ENTALPIA	Gcal/h	-0,3553	-0,3553	-	-0,3553	
MISCELÂNEOS							
48							
49							
50							
51							
52							
NOTAS :							
54	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais					
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde						Balanço de calor e massa	
UNIDADE/DEE :								Pág.	12 de 32
BALANÇO DE CALOR E MASSA									
COMPOSIÇÃO									
2	Nº CORRENTE	21		22		23		24	
3	Componente / pseudocomp.	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol
4	Isobutilbenzeno	5,38	7,31	5,38	7,31	-	-	8,06	7,62
5	Anidrido Acético	25,51	45,63	25,51	45,63	-	-	38,22	47,52
6	Ácido Fluorídrico	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Hidróxido de Sódio	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Água	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Fluoreto de Sódio	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Isobutilacetofenona	30,13	31,22	30,13	31,22	-	-	45,14	32,5
11	Ácido Acético	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Acetato de Etila	5,72	11,86	5,72	11,86	-	-	8,58	12,36
13	Hidróxido de Potássio	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Acetato de Potássio	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Sulfato de Magnésio	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Sulfato de Magnésio Hidratado	33,26	3,98	33,26	3,98	100	100	-	-
17	Níquel Raney	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Hidrogênio	-	-	-	-	-	-	-	-
19	1-(4'-isobutilfenil)etanol	-	-	-	-	-	-	-	-
20	Ácido Clorídrico	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Benzeno	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Complexo de Paládio	-	-	-	-	-	-	-	-
23	Monóxido de Carbono	-	-	-	-	-	-	-	-
24	Sulfato de Sódio	-	-	-	-	-	-	-	-
25	Sulfato de Sódio Hidratado	-	-	-	-	-	-	-	-
26	Ibuprofeno	-	-	-	-	-	-	-	-
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43	Água	-	-	-	-	-	-	-	-
44	Total	100	100	100	100	100	100	100	100
45	Vazão total seca (kg/h)	577,32		577,32		48		96,33	
46	Vazão total seca (kmol/h)	3,1612		3,1612		0,0315		0,759	
47	Vazão total úmida (kg/h)								
48	Vazão total úmida (kmol/h)								
49	NOTAS :								
50									
51									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
Rev.		Por							
Data		Aprovado							

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			Balanços de calor e matéria		
UNIDADE DE :					Pág.	13	de 32
BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA							
DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES							
CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO		Reação 1					
Nº DE CORRENTE		25	26	27	28		
DESCRIÇÃO		Saída Pulmão 1	Pulmão 1 Bomba	Aquecimento Coluna	Saída Fundo Col 1		
6	PRESSÃO (1)	kg/cm ² g	1,0329	1,967	1,2532	1,8895	
7	TEMPERATURA	°C	25	25	65	251,9	
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	385,32	385,32	385,32	51,87	
9	% VAPOR	%p	-	-	-	-	
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	-	-	-	-	
11	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	
12	VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	-	-	
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
14	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	385,32	385,32	385,32	51,87	
15	AGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-	
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	-0,3553	-0,3553	-0,3461	-0,0197	
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	61,01	61,01	61,01	100	
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	-	-	-	-	
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)							
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	-	-	-	-	
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ (1 atm, 0°C)	Nm ³ /h	-	-	-	-	
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	-	-	-	
25	DENSIDADE @P,T	kg/m ³	-	-	-	-	
26	DENSIDADE @ (1 atm, 0°C)	kg/Nm ³	-	-	-	-	
27	VISCOSIDADE @T	cP	-	-	-	-	
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	-	-	-	
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	-	-	
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T	~	-	-	-	-	
31	Cp / Cv	~	-	-	-	-	
32	ENTALPIA	Gcal/h	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)							
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	0,3844	0,3844	0,4012	0,0689	
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m ³ /h					
36	DENSIDADE @T	kg/m ³	1002	1002	1002	752,5	
37	DENSIDADE @15°C	kg/m ³					
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	1,791	1,791	1,791	0,2875	
39	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C	cSt					
40	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C	cSt					
41	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C	cSt					
42	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	0,1182	0,1182	0,1182	0,0787	
43	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	0,3998	0,3998	0,3998	0,5807	
44	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	2318	2318	2318	48,85	
45	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm ² a	0,0369	0,0369	0,0369	0,0018	
46	ENTALPIA	Gcal/h	-0,3553	-0,3553	-0,3461	-0,0197	
MISCELÂNEOS							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
NOTAS :							
54	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais					
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde						Balanço de calor e massa	
UNIDADE/DEE :								Pág.	14 de 32
BALANÇO DE CALOR E MASSA									
COMPOSIÇÃO									
2	Nº CORRENTE	25		26		27		28	
3	Componente / pseudocomp.	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol
4	Isobutilbenzeno	8,06	7,62	8,06	7,62	8,06	7,62	13,6	16,23
5	Anidrido Acético	38,22	47,52	38,22	47,52	38,22	47,52	25,9	4,21
6	Ácido Fluorídrico	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Hidróxido de Sódio	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Água	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Fluoreto de Sódio	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Isobutilacetofenona	45,14	32,5	45,14	32,5	45,14	32,5	83,81	78,96
11	Ácido Acético	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Acetato de Etila	8,58	12,36	8,58	12,36	8,58	12,36	-	-
13	Hidróxido de Potássio	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Acetato de Potássio	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Sulfato de Magnésio	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Sulfato de Magnésio Hidratado	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Níquel Raney	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Hidrogênio	-	-	-	-	-	-	-	-
19	1-(4'-isobutilfenil)etanol	-	-	-	-	-	-	-	-
20	Ácido Clorídrico	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Benzeno	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Complexo de Paládio	-	-	-	-	-	-	-	-
23	Monóxido de Carbono	-	-	-	-	-	-	-	-
24	Sulfato de Sódio	-	-	-	-	-	-	-	-
25	Sulfato de Sódio Hidratado	-	-	-	-	-	-	-	-
26	Ibuprofeno	-	-	-	-	-	-	-	-
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43	Água	-	-	-	-	-	-	-	-
44	Total	100	100	100	100	100	100	100	100
45	Vazão total seca (kg/h)	96,33		96,33		96,33		51,87	
46	Vazão total seca (kmol/h)	0,759		0,759		0,759		0,3124	
47	Vazão total úmida (kg/h)								
48	Vazão total úmida (kmol/h)								
49	NOTAS :								
50									
51									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
Rev.		Por							
Data		Aprovado							

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			Balanços de calor e matéria		
UNIDADE DE :					Pág.	15	de 32
BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA							
DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES							
CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO		Reação 1					
Nº DE CORRENTE		29	30	31	32		
DESCRIÇÃO		Saída Topo Col 1	Saída Pulmão 2	Saída Pulmão 2 Bomba	Saída Fundo Col 2		
6	PRESSÃO (1)	kg/cm ² g	1,1901	1,0329	1,8895	1,2233	
7	TEMPERATURA	°C	119,7	251,9	251,9	287,9	
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	40,46	51,87	51,87	43,29	
9	% VAPOR	%p	-	-	-	-	
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	-	-	-	-	
11	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	
12	VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	-	-	
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
14	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	44,46	51,87	51,87	43,29	
15	AGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-	
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	-0,0609	-0,0197	-0,0197	-0,0169	
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	79	100	100	100	
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	-	-	-	-	
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)							
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	-	-	-	-	
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ (1 atm, 0°C)	Nm ³ /h	-	-	-	-	
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	-	-	-	
25	DENSIDADE @P,T	kg/m ³	-	-	-	-	
26	DENSIDADE @ (1 atm, 0°C)	kg/Nm ³	-	-	-	-	
27	VISCOSIDADE @T	cP	-	-	-	-	
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	-	-	-	
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	-	-	
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T	~	-	-	-	-	
31	Cp / Cv	~	-	-	-	-	
32	ENTALPIA	Gcal/h	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)							
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	0,0498	0,0689	0,0689	0,0587	
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m ³ /h					
36	DENSIDADE @T	kg/m ³	892,1	752,5	752,5	737,1	
37	DENSIDADE @15°C	kg/m ³					
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	0,3155	0,2875	0,2875	0,2438	
39	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C	cSt					
40	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C	cSt					
41	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C	cSt					
42	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	0,0996	0,0787	0,0787	0,0775	
43	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	0,5194	0,5807	0,5807	0,5994	
44	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	2478	48,85	48,85	13,61	
45	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm ² a	0,0617	0,0018	0,0018	0,0001	
46	ENTALPIA	Gcal/h	-0,0609	-0,0197	-0,0197	-0,0169	
MISCELÂNEOS							
48							
49							
50							
51							
52							
NOTAS :							
54	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais					
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde					Balanço de calor e massa			
UNIDADE DE :							Pág.	16	de	32
BALANÇO DE CALOR E MASSA										
COMPOSIÇÃO										
Nº CORRENTE		29		30		31		32		
Componente / pseudocomp.		% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	
Isobutilbenzeno		1,6	1,19	13,6	16,23	13,6	16,23	0,03	0,04	
Anidrido Acético		79,8	77,8	25,9	4,21	25,9	4,21	-	-	
Ácido Fluorídrico		-	-	-	-	-	-	-	-	
Hidróxido de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-	
Água		-	-	-	-	-	-	-	-	
Fluoreto de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-	
Isobutilacetofenona		-	-	83,81	78,96	83,81	78,96	99,97	99,96	
Ácido Acético		-	-	-	-	-	-	-	-	
Acetato de Etila		18,79	9,38	-	-	-	-	-	-	
Hidróxido de Potássio		-	-	-	-	-	-	-	-	
Acetato de Potássio		-	-	-	-	-	-	-	-	
Sulfato de Magnésio		-	-	-	-	-	-	-	-	
Sulfato de Magnésio Hidratado		-	-	-	-	-	-	-	-	
Níquel Raney		-	-	-	-	-	-	-	-	
Hidrogênio		-	-	-	-	-	-	-	-	
1-(4'-isobutilfenil)etanol		-	-	-	-	-	-	-	-	
Ácido Clorídrico		-	-	-	-	-	-	-	-	
Benzeno		-	-	-	-	-	-	-	-	
Complexo de Paládio		-	-	-	-	-	-	-	-	
Monóxido de Carbono		-	-	-	-	-	-	-	-	
Sulfato de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-	
Sulfato de Sódio Hidratado		-	-	-	-	-	-	-	-	
Ibuprofeno		-	-	-	-	-	-	-	-	

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			Balanços de calor e matéria		
UNIDADE:					Pág.	17	de 32
BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA							
DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES							
CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO		Reação 2					
Nº DE CORRENTE		33	34	35	36		
DESCRIÇÃO		Saída Topo Col 2	Alimentação Niquel Raney	Alimentação H2	Saída Reator 2		
6	PRESSÃO (1)	kg/cm ² g	0,9177	1,0329	8,0639	1,0329	
7	TEMPERATURA	°C	158,5	125	70	67,4	
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	8,58	4,4	27,42	42,78	
9	% VAPOR	%p	-	-	100	-	
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	-	-	27,42	-	
11	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	27,42	-	
12	VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	-	-	
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
14	VAZÃO TOTAL DE LIQUIDO	kg/h	8,58	-	-	42,78	
15	AGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-	
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	-0,0024	-	0,0042	-0,0191	
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	100	-	-	-	
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	-	100	-	10,28	
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)							
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	-	-	49,07	-	
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ (1 atm, 0°C)	Nm ³ /h	-	-	-	-	
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	-	2	-	
25	DENSIDADE @P,T	kg/m ³	-	-	0,5588	-	
26	DENSIDADE @ (1 atm, 0°C)	kg/Nm ³	-	-	-	-	
27	VISCOSIDADE @T	cP	-	-	0,0098	-	
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	-	0,1681	-	
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	3,3839	-	
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T	~	-	-	-	-	
31	Cp / Cv	~	-	-	1,411	-	
32	ENTALPIA	Gcal/h	-	-	0,0042	-	
PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)							
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	0,0587	0,013	-	0,0409	
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m ³ /h	-	-	-	-	
36	DENSIDADE @T	kg/m ³	737,1	761,9	-	1045,96	
37	DENSIDADE @15°C	kg/m ³	-	-	-	-	
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	0,2438	0,3175	-	1,45	
39	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C	cSt	-	-	-	-	
40	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C	cSt	-	-	-	-	
41	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C	cSt	-	-	-	-	
42	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	0,0775	0,0929	-	0,0992	
43	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	0,5994	0,5339	-	0,3313	
44	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	13,61	504,1	-	33,74	
45	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm ² a	0,0001	0,0077	-	1,3205	
46	ENTALPIA	Gcal/h	-0,0169	-0,0024	-	-0,0191	
MISCELÂNEOS							
48							
49							
50							
51							
52							
NOTAS :							
54	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais					
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde						Balanço de calor e massa			
UNIDADE:EE :								Pág.	18	de	32
BALANÇO DE CALOR E MASSA											
COMPOSIÇÃO											
Nº	CORRENTE	33		34		35		36			
3	Componente / pseudocomp.	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol		
4	Isobutilbenzeno	82,05	78,62	-	-	-	-	0,0116	0		
5	Anidrido Acético	15,62	19,68	-	-	-	-	-	-		
6	Ácido Fluorídrico	-	-	-	-	-	-	-	-		
7	Hidróxido de Sódio	-	-	-	-	-	-	-	-		
8	Água	-	-	-	-	-	-	-	-		
9	Fluoreto de Sódio	-	-	-	-	-	-	-	-		
10	Isobutilacetofenona	2,33	0,11	-	-	-	-	1,9491	1,5496		
11	Ácido Acético	-	-	-	-	-	-	-	-		
12	Acetato de Etila	-	-	-	-	-	-	-	-		
13	Hidróxido de Potássio	-	-	-	-	-	-	-	-		
14	Acetato de Potássio	-	-	-	-	-	-	-	-		
15	Sulfato de Magnésio	-	-	-	-	-	-	-	-		
16	Sulfato de Magnésio Hidratado	-	-	-	-	-	-	-	-		
17	Níquel Raney	-	-	100	100	-	-	10,2843	29,01		
18	Hidrogênio	-	-	-	-	100	100	-	-		
19	1-(4'-isobutilfenil)etanol	-	-	-	-	-	-	87,7549	69,4362		
20	Ácido Clorídrico	-	-	-	-	-	-	-	-		
21	Benzeno	-	-	-	-	-	-	-	-		
22	Complexo de Paládio	-	-	-	-	-	-	-	-		
23	Monóxido de Carbono	-	-	-	-	-	-	-	-		
24	Sulfato de Sódio	-	-	-	-	-	-	-	-		
25	Sulfato de Sódio Hidratado	-	-	-	-	-	-	-	-		
26	Ibuprofeno	-	-	-	-	-	-	-	-		
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43	Água	-	-	-	-	-	-	-	-		
44	Total	100	100	100	100	100	100	100	100		
45	Vazão total seca (kg/h)	8,5839		4,4		27,41		42,78			
46	Vazão total seca (kmol/h)	0,0667		0,088		13,6		0,3033			
47	Vazão total úmida (kg/h)										
48	Vazão total úmida (kmol/h)										
49	NOTAS :										
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
Rev.	Por										
Data	Aprovado										

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			Balanços de calor e matéria		
UNIDADE DE :					Pág.	19	de 32
BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA							
DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES							
CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO		Reação 2					
Nº DE CORRENTE		37	38	39	40		
DESCRIÇÃO		Saída Reator 2 Bomba	Saída Reator 2 Vapor	Filtração Níquel	Líquido Filtração 2		
6	PRESSÃO (1)	kg/cm ² g	1,7467	1,0329	1,0329	1,0329	
7	TEMPERATURA	°C	67,4	67,4	67,4	67,4	
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	42,78	32,33	4,4	153,52	
9	% VAPOR	%p	-	100	-	-	
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	-	32,33	-	-	
11	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	26,9341	-	-	
12	VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	-	-	
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
14	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	42,78	-	-	38,38	
15	AGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-	
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	-0,0191	0,0016	-	-0,076	
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	-	-	-	100	
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	10,28	-	100	-	
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)							
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	-	374,1	-	-	
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ (1 atm, 0°C)	Nm ³ /h	-	-	-	-	
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	-	-	-	
25	DENSIDADE @P,T	kg/m ³	-	0,0864	-	-	
26	DENSIDADE @ (1 atm, 0°C)	kg/Nm ³	-	-	-	-	
27	VISCOSIDADE @T	cP	-	0,0098	-	-	
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	0,1651	-	-	
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	2,8609	-	-	
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T	~	-	-	-	-	
31	Cp / Cv	~	-	1,404	-	-	
32	ENTALPIA	Gcal/h	-	0,0016	-	-	
PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)							
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	0,0409	-	-	0,16	
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m ³ /h	-	-	-	-	
36	DENSIDADE @T	kg/m ³	1045,96	-	-	959,4	
37	DENSIDADE @15°C	kg/m ³	-	-	-	-	
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	1,45	-	-	1,45	
39	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C	cSt	-	-	-	-	
40	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C	cSt	-	-	-	-	
41	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C	cSt	-	-	-	-	
42	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	0,0992	-	-	0,0991	
43	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	0,3313	-	-	0,3313	
44	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	33,74	-	-	33,74	
45	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm ² a	1,3205	-	-	1,3205	
46	ENTALPIA	Gcal/h	-0,0191	-	-	-0,076	
MISCELÂNEOS							
48							
49							
50							
51							
52							
NOTAS :							
54	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais					
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			Balanços de calor e matéria		
UNIDADE:					Pág.	21	de 32
BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA							
DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES							
CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO		Reação 3					
Nº DE CORRENTE		41	42	43	44		
DESCRIÇÃO		Alimentação CO	Alimentação HCl	Alimentação Benzeno	Complexo de Paládio		
6	PRESSÃO (1)	kg/cm ² g	1,0329	1,0329	1,0329	1,0329	
7	TEMPERATURA	°C	70	70	25	25	
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	6	146,5021	89,2	0,96	
9	% VAPOR	%p	100	-	-	-	
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	6	-	-	-	
11	INCONDENSÁVEIS (N ₂ ,...)	kg/h	-	-	-	-	
12	VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	-	-	
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
14	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	-	146,5021	89,2	-	
15	AGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-	
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	-0,0056	-	-0,0136	-	
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	100	10	100	-	
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	-	-	-	100	
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)							
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	6,0312	-	-	-	
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ (1 atm, 0°C)	Nm ³ /h		-	-	-	
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	28	-	-	-	
25	DENSIDADE @P,T	kg/m ³	0,9948	-	-	-	
26	DENSIDADE @ (1 atm, 0°C)	kg/Nm ³		-	-	-	
27	VISCOSIDADE @T	cP	0,0202	-	-	-	
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	0,0241	-	-	-	
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	0,2497	-	-	-	
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T	~		-	-	-	
31	Cp / Cv	~	1,399	-	-	-	
32	ENTALPIA	Gcal/h	-0,0056	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)							
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	-	0,1344	0,1023	-	
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m ³ /h	-			-	
36	DENSIDADE @T	kg/m ³	-	1090	872,2	-	
37	DENSIDADE @15°C	kg/m ³	-			-	
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	-	94,25	0,6936	-	
39	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C	cSt	-			-	
40	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C	cSt	-			-	
41	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C	cSt	-			-	
42	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	-	0,1126	-	
43	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	0,3859	-	
44	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	-	-	27,6	-	
45	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm ² a	-	0,0668	0,228	-	
46	ENTALPIA	Gcal/h	-	-	-0,0136	-	
MISCELÂNEOS							
48							
49							
50							
51							
52							
NOTAS :							
54	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais					
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde						Balanço de calor e massa			
UNIDADE:EE :								Pág.	22	de	32
BALANÇO DE CALOR E MASSA											
COMPOSIÇÃO											
Nº CORRENTE		41		42		43		44			
Componente / pseudocomp.		% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol		
4	Isobutilbenzeno	-	-	-	-	-	-	-	-		
5	Anidrido Acético	-	-	-	-	-	-	-	-		
6	Ácido Fluorídrico	-	-	-	-	-	-	-	-		
7	Hidróxido de Sódio	-	-	-	-	-	-	-	-		
8	Água	-	-	90	94,8053	-	-	-	-		
9	Fluoreto de Sódio	-	-	-	-	-	-	-	-		
10	Isobutilacetofenona	-	-	-	-	-	-	-	-		
11	Ácido Acético	-	-	-	-	-	-	-	-		
12	Acetato de Etila	-	-	-	-	-	-	-	-		
13	Hidróxido de Potássio	-	-	-	-	-	-	-	-		
14	Acetato de Potássio	-	-	-	-	-	-	-	-		
15	Sulfato de Magnésio	-	-	-	-	-	-	-	-		
16	Sulfato de Magnésio Hidratado	-	-	-	-	-	-	-	-		
17	Níquel Raney	-	-	-	-	-	-	-	-		
18	Hidrogênio	-	-	-	-	-	-	-	-		
19	1-(4'-isobutilfenil)etanol	-	-	-	-	-	-	-	-		
20	Ácido Clorídrico	-	-	10	5,1947	-	-	-	-		
21	Benzeno	-	-	-	-	100	100	-	-		
22	Complexo de Paládio	-	-	-	-	-	-	100	100		
23	Monóxido de Carbono	100	100	-	-	-	-	-	-		
24	Sulfato de Sódio	-	-	-	-	-	-	-	-		
25	Sulfato de Sódio Hidratado	-	-	-	-	-	-	-	-		
26	Ibuprofeno	-	-	-	-	-	-	-	-		
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43	Água	-	-	-	-	-	-	-	-		
44	Total	100	100	100	100	100	100	100	100		
45	Vazão total seca (kg/h)	6		146,5		89,2		0,96			
46	Vazão total seca (kmol/h)	0,2142		7,7264		1,142		0,0014			
47	Vazão total úmida (kg/h)										
48	Vazão total úmida (kmol/h)										
49	NOTAS :										
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
Rev.		Por									
Data		Aprovado									

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			Balanços de calor e matéria		
UNIDADE DE :					Pág.	23	de 32
BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA							
DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES							
CASO DE OPERAÇÃO/DESENH		Reação 3					
Nº DE CORRENTE		45	46	47	48		
DESCRIÇÃO		Saída Liq Reator 3	Saída Vapor Reator 3	Liq Reator 3 Bomba	Liq Reator 3 Resfriado		
6	PRESSÃO (1)	kg/cm ² g	1,0329	1,0329	1,7467	1,0329	
7	TEMPERATURA	°C	75	125	75	25	
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	786,16	88,1072	786,16	786,16	
9	% VAPOR	%p	-	100	-	-	
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	-	88,1072	-	-	
11	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	
12	VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	-	-	
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
14	VAZÃO TOTAL DE LIQUIDO	kg/h	782,32	-	782,32	782,32	
15	AGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-	
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	-0,0964	-0,0165	-0,0964	-0,0964	
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	9,0244	99,77	9,0244	9,0244	
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	0,4884	-	0,4884	0,4884	
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)							
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	-	60,8667	-	-	
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ (1 atm, 0°C)	Nm ³ /h	-	-	-	-	
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	43,35	-	-	
25	DENSIDADE @P,T	kg/m ³	-	1,447	-	-	
26	DENSIDADE @ (1 atm, 0°C)	kg/Nm ³	-	-	-	-	
27	VISCOSIDADE @T	cP	-	51,01	-	-	
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	0,0211	-	-	
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	0,2995	-	-	
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T	~	-	-	-	-	
31	Cp / Cv	~	-	1,163	-	-	
32	ENTALPIA	Gcal/h	-	-0,0165	-	-	
PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)							
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	0,7108	-	0,7108	0,7108	
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m ³ /h	-	-	-	-	
36	DENSIDADE @T	kg/m ³	1106,0213	-	1106,0213	1106,0213	
37	DENSIDADE @15°C	kg/m ³	-	-	-	-	
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	0,7771	-	0,7771	0,7771	
39	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C	cSt	-	-	-	-	
40	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C	cSt	-	-	-	-	
41	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C	cSt	-	-	-	-	
42	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	0,0933	-	0,0933	0,0933	
43	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	0,4861	-	0,4861	0,4861	
44	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	16,72	-	16,72	16,72	
45	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm ² a	1,0931	-	1,0931	1,0931	
46	ENTALPIA	Gcal/h	-0,0964	-	-0,0964	-0,0964	
MISCELÂNEOS							
48							
49							
50							
51							
52							
NOTAS :							
54	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais					
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde					Balanço de calor e massa			
UNIDADE :							Pág.	24	de	32
BALANÇO DE CALOR E MASSA										
COMPOSIÇÃO										
Nº CORRENTE		45		46		47		48		
Componente / pseudocomp.		% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	
Isobutilbenzeno		-	-	0,0443	0	-	-	-	-	
Anidrido Acético		-	-	-	-	-	-	-	-	
Ácido Fluorídrico		-	-	-	-	-	-	-	-	
Hidróxido de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-	
Água		68,8994	46,0775	-	-	68,8994	92,1549	68,8994	92,1549	
Fluoreto de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-	
Isobutilacetofenona		0,3757	0,0257	0,1083	0,0444	0,3757	0,0515	0,3757	0,0515	
Ácido Acético		-	-	-	-	-	-	-	-	
Acetato de Etila		-	-	-	-	-	-	-	-	
Hidróxido de Potássio		-	-	-	-	-	-	-	-	
Acetato de Potássio		-	-	-	-	-	-	-	-	
Sulfato de Magnésio		-	-	-	-	-	-	-	-	
Sulfato de Magnésio Hidratado		-	-	-	-	-	-	-	-	
Níquel Raney		-	-	-	-	-	-	-	-	
Hidrogênio		-	-	-	-	-	-	-	-	
1-(4'-isobutilfenil)etanol		0,1376	0,0092	0,1191	0,5330	0,1376	0,0184	0,1376	0,0184	
Ácido Clorídrico		7,4593	2,4617	-	-	7,4593	4,9234	7,4593	4,9234	
Benzeno		1,0045	0,1550	98,9997	99,2005	1,0045	0,3099	1,0045	0,3099	
Complexo de Paládio		0,4885	5,8801	-	-	0,4885	11,7602	0,4885	11,7602	
Monóxido de Carbono		-	-	0,1800	0,5028	-	-	-	-	
Sulfato de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-	
Sulfato de Sódio Hidratado		-	-	-	-	-	-	-	-	
Ibuprofeno		21,6350	1,2624	0,5486	0,2043	21,6350	2,5248	21,6350	2,5248	

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			Balanços de calor e matéria		
UNIDADE:					Pág.	25	de 32
BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA							
DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES							
CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO		Reação 3					
Nº DE CORRENTE		49	50	51	52		
DESCRIÇÃO		Liq Decantação 2	Reciclo HCl	Liq Dec 2 Bombeada	Alimentação E.OAc		
6	PRESSÃO (1)	kg/cm ² g	1,0329	1,0329	1,0329	1,0329	
7	TEMPERATURA	°C	25	25	25	25	
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	370,956	103,794	370,956	224	
9	% VAPOR	%p	-	-	-	-	
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	-	-	-	-	
11	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	
12	VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	-	-	
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
14	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	370,956	103,794	370,956	224	
15	AGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-	
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	0,0756	-	0,0756	-0,2916	
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	-	14,1241	-	-	
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	1	-	1	-	
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)							
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	-	-	-	-	
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ (1 atm, 0°C)	Nm ³ /h	-	-	-	-	
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	-	-	-	
25	DENSIDADE @P,T	kg/m ³	-	-	-	-	
26	DENSIDADE @ (1 atm, 0°C)	kg/Nm ³	-	-	-	-	
27	VISCOSIDADE @T	cP	-	-	-	-	
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	-	-	-	
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	-	-	
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T	~	-	-	-	-	
31	Cp / Cv	~	-	-	-	-	
32	ENTALPIA	Gcal/h	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)							
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	0,3544	0,0891	0,3544	0,2516	
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m ³ /h					
36	DENSIDADE @T	kg/m ³	1046,7155	1164,9158	1046,7155	890,4	
37	DENSIDADE @15°C	kg/m ³					
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	0,7771	-	0,7771	0,4715	
39	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C	cSt					
40	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C	cSt					
41	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C	cSt					
42	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	0,0933	-	0,0933	0,1283	
43	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	0,4861	-	0,4861	0,4622	
44	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	16,72	-	16,72	36,52	
45	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm ² a	1,0931	-	1,0931	0,2323	
46	ENTALPIA	Gcal/h	0,0756	-	0,0756	-0,2916	
MISCELÂNEOS							
48							
49							
50							
51							
52							
NOTAS :							
54	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais					
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde					Balanço de calor e massa			
UNIDADE :							Pág.	26	de	32
BALANÇO DE CALOR E MASSA										
COMPOSIÇÃO										
Nº CORRENTE		49		50		51		52		
Componente / pseudocomp.		% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	
Isobutilbenzeno		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anidrido Acético		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ácido Fluorídrico		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidróxido de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Água		49,8992	91,5106	85,87587	92,4932	12,4748	22,8777	-	-	-
Fluoreto de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isobutilacetofenona		0,7962	0,1495	-	-	0,1991	0,0374	-	-	-
Ácido Acético		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetato de Etila		-	-	-	-	-	-	100	100	-
Hidróxido de Potássio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetato de Potássio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfato de Magnésio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfato de Magnésio Hidratado		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Níquel Raney		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidrogênio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-(4'-isobutilfenil)etanol		0,2917	0,0534	-	-	0,0729	0,0133	-	-	-
Ácido Clorídrico		-	-	14,12413	7,5068	-	-	-	-	-
Benzeno		2,1287	0,9005	-	-	0,5322	0,2251	-	-	-
Complexo de Paládio		1,0352	0,0498	-	-	0,2588	0,0125	-	-	-
Monóxido de Carbono		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfato de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfato de Sódio Hidratado		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ibuprofeno		45,8491	7,3361	-	-	11,4623	1,8340	-	-	-

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			Balanços de calor e matéria		
UNIDADE DE :					Pág.	27	de 32
BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA							
DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES							
CASO DE OPERAÇÃO/DESENH		Reação 3					
Nº DE CORRENTE		53	54	55	56		
DESCRIÇÃO		Saída Paládio	Saída Extração 2	Extração 2 Bomba	Saída Topo Coluna 3		
6	PRESSÃO (1)	kg/cm ² g	1,0329	1,0329	1,3389	1,6448	
7	TEMPERATURA	°C	25	25	25	90	
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	0,96	1263,116	1263,116	226,983	
9	% VAPOR	%p	-	-	-	100	
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	-	-	-	226,983	
11	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	
12	VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	-	-	
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
14	VAZÃO TOTAL DE LIQUIDO	kg/h	-	1263,116	1263,116	-	
15	AGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-	
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	-	-1,2177	-1,2177	-0,0359	
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	-	-	-	-	
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	100	-	-	-	
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)							
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	-	-	-	-	
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ (1 atm, 0°C)	Nm ³ /h	-	-	-	-	
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	-	-	-	
25	DENSIDADE @P,T	kg/m ³	-	-	-	-	
26	DENSIDADE @ (1 atm, 0°C)	kg/Nm ³	-	-	-	-	
27	VISCOSIDADE @T	cP	-	-	-	-	
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	-	-	-	
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	-	-	
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T	~	-	-	-	-	
31	Cp / Cv	~	-	-	-	-	
32	ENTALPIA	Gcal/h	-	-	-	-0,0359	
PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)							
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	-	1,529	1,529	-	
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m ³ /h	-	-	-	-	
36	DENSIDADE @T	kg/m ³	-	826,1059	826,1059	-	
37	DENSIDADE @15°C	kg/m ³	-	-	-	-	
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	-	0,52	0,52	-	
39	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C	cSt	-	-	-	-	
40	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C	cSt	-	-	-	-	
41	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C	cSt	-	-	-	-	
42	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	0,1226	0,1226	-	
43	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	0,4369	0,4369	-	
44	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	-	33,27	33,27	-	
45	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm ² a	-	0,2219	0,2219	-	
46	ENTALPIA	Gcal/h	-	-1,2177	-1,2177	-	
MISCELÂNEOS							
48							
49							
50							
51							
52							
NOTAS :							
54	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais					
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde					Balanço de calor e massa			
UNIDADE :							Pág.	28	de	32
BALANÇO DE CALOR E MASSA										
COMPOSIÇÃO										
Nº CORRENTE		53		54		55		56		
Componente / pseudocomp.		% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	
Isobutilbenzeno		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anidrido Acético		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ácido Fluorídrico		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidróxido de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Água		-	-	14,6546	48,0506	14,6546	48,0506	-	-	-
Fluoreto de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isobutilacetofenona		-	-	0,2338	0,0785	0,2338	0,0785	0,0033	0,0016	-
Ácido Acético		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetato de Etila		-	-	70,9357	47,5179	70,9357	47,5179	0,9869	0,9880	-
Hidróxido de Potássio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetato de Potássio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfato de Magnésio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfato de Magnésio Hidratado		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Níquel Raney		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidrogênio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-(4'-isobutilfenil)etanol		-	-	0,0857	0,0280	0,0857	0,0280	0,0012	0,0006	-
Ácido Clorídrico		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzeno		-	-	0,6252	0,4729	0,6252	0,4729	0,0087	0,0098	-
Complexo de Paládio		100	100	-	-	-	-	-	-	-
Monóxido de Carbono		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfato de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfato de Sódio Hidratado		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ibuprofeno		-	-	13,4651	3,8520	13,4651	3,8520	-	-	-

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			Balanços de calor e matéria		
UNIDADE :					Pág.	29	de 32
BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA							
DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES							
CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO		Reação 3					
Nº DE CORRENTE		57		58		59	
60		Saída Fundo Coluna 3		Saída Fundo Col 3 Bomba		Alimentação Na2SO4	
Saída Secagem 2							
PRESSÃO (1)		kg/cm² g	1,0329	1,3389	1,0329	1,0329	
TEMPERATURA		°C	40	40	25	25	
VAZÃO TOTAL		kg/h	355,184	355,184	36,4963	501,1692	
% VAPOR		%p	-	-	-	-	
VAZÃO TOTAL DE VAPOR		kg/h	-	-	-	-	
INCONDENSÁVEIS (N2,...)		kg/h	-	-	-	-	
VAPOR DE AGUA		kg/h	-	-	-	-	
HIDROCARBONETOS		kg/h	-	-	-	-	
VAZÃO TOTAL DE LIQUIDO		kg/h	355,184	355,184	-	355,184	
AGUA LIVRE		kg/h	-	-	-	-	
HIDROCARBONETOS		kg/h	-	-	-	-	
ENTALPIA TOTAL		Gcal/h	-1,074	-1,074	-	-1,074	
COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS		% p / ppm p	-	-	-	-	
SÓLIDOS : QUANTIDADE		%	-	-	100	29,1289	
SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA		Micras	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)							
VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T		m³/h	-	-	-	-	
VAZÃO VOLUMÉTRICA @ (1 atm, 0°C)		Nm³/h	-	-	-	-	
PESO MOLECULAR		kg/kmol	-	-	-	-	
DENSIDADE @P,T		kg/m³	-	-	-	-	
DENSIDADE @ (1 atm, 0°C)		kg/Nm³	-	-	-	-	
VISCOSIDADE @T		cP	-	-	-	-	
CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T		kcal/h m °C	-	-	-	-	
CALOR ESPECÍFICO @T		kcal/kg °C	-	-	-	-	
FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T		~	-	-	-	-	
Cp / Cv		~	-	-	-	-	
ENTALPIA		Gcal/h	-	-	-	-	
PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)							
VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T		m³/h	0,3247	0,3247	-	0,3796	
VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C		m³/h	-	-	-	-	
DENSIDADE @T		kg/m³	1093,9510	1093,9510	-	1320,3198	
DENSIDADE @15°C		kg/m³	-	-	-	-	
VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T		cSt	0,9131	0,9131	-	0,9131	
VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C		cSt	-	-	-	-	
VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C		cSt	-	-	-	-	
VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C		cSt	-	-	-	-	
CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T		kcal/h m °C	0,4566	0,4566	-	0,4566	
CALOR ESPECÍFICO @T		kcal/kg °C	0,6596	0,6596	-	0,6596	
TENSÃO SUPERFICIAL @P,T		dinas/cm	66,83	66,83	-	66,83	
PRESSÃO DE VAPOR @T		kg/cm² a	0,0594	0,0594	-	0,0594	
ENTALPIA		Gcal/h	-1,074	-1,074	-	-1,074	
MISCELÂNEOS							
NOTAS :							
(1) A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde					Balanço de calor e massa			
UNIDADE :							Pág.	30	de	32
BALANÇO DE CALOR E MASSA										
COMPOSIÇÃO										
Nº CORRENTE		57		58		59		60		
Componente / pseudocomp.		% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	
Isobutilbenzeno		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anidrido Acético		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ácido Fluorídrico		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidróxido de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Água		52,1150	92,5783	52,1150	92,5783	-	-	36,9344	84,7391	
Fluoreto de Sódio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isobutilacetofenona		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ácido Acético		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetato de Etila		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidróxido de Potássio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetato de Potássio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfato de Magnésio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfato de Magnésio Hidratado		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Níquel Raney		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidrogênio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-(4'-isobutilfenil)etanol		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ácido Clorídrico		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzeno		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Complexo de Paládio		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Monóxido de Carbono		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfato de Sódio		-	-	-	-	100	100	29,1289	8,4676	
Sulfato de Sódio Hidratado		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ibuprofeno		47,8850	7,4217	47,8850	7,4217	-	-	33,9366	6,7932	

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			Balanços de calor e matéria		
UNIDADE:					Pág.	31	de 32
BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA							
DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES							
CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO		Reação 3					
Nº DE CORRENTE		61		62		63	
DESCRIÇÃO		Saída Sec 2 Bomba		Saída Sólido Filtro 3		Produto Final	
6	PRESSÃO (1)	kg/cm ² g	1,7467	1,0329	1,0329		
7	TEMPERATURA	°C	25	25	25		
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	501,1692	83,4307	42,52		
9	% VAPOR	%p	-	-	-		
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	-	-	-		
11	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-		
12	VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	-		
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-		
14	VAZÃO TOTAL DE LIQUIDO	kg/h	355,184	-	42,52		
15	AGUA LIVRE	kg/h	-	-	-		
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-		
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	-1,074	-	-0,0258		
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	-	-	-		
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	29,1289	100	-		
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-		
PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)							
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	-	-	-		
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ (1 atm, 0°C)	Nm ³ /h	-	-	-		
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	-	-		
25	DENSIDADE @P,T	kg/m ³	-	-	-		
26	DENSIDADE @ (1 atm, 0°C)	kg/Nm ³	-	-	-		
27	VISCOSIDADE @T	cP	-	-	-		
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	-	-		
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	-		
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T	~	-	-	-		
31	Cp / Cv	~	-	-	-		
32	ENTALPIA	Gcal/h	-	-	-		
PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)							
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	0,3796	-	0,0349		
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m ³ /h		-			
36	DENSIDADE @T	kg/m ³	1320,3198	-	1218		
37	DENSIDADE @15°C	kg/m ³		-			
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	0,9131	-	1,264		
39	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C	cSt		-			
40	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C	cSt		-			
41	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C	cSt		-			
42	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	0,4566	-	0,107		
43	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	0,6596	-	0,4037		
44	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	66,83	-	22,24		
45	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm ² a	0,0594	-	1,12E-06		
46	ENTALPIA	Gcal/h	-1,074	-	-0,0258		
MISCELÂNEOS							
48							
49							
50							
51							
52							
NOTAS :							
54	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais					
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde						Balanço de calor e massa			
UNIDADE DE :								Pág.	32	de	32
BALANÇO DE CALOR E MASSA											
COMPOSIÇÃO											
Nº CORRENTE		61		62		63					
Componente / pseudocomp.		% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol		
4	Isobutilbenzeno	-	-	-	-	-	-				
5	Anidrido Acético	-	-	-	-	-	-				
6	Ácido Fluorídrico	-	-	-	-	-	-				
7	Hidróxido de Sódio	-	-	-	-	-	-				
8	Água	36,9344	84,7391	-	-	-	-				
9	Fluoreto de Sódio	-	-	-	-	-	-				
10	Isobutilacetofenona	-	-	-	-	-	-				
11	Ácido Acético	-	-	-	-	-	-				
12	Acetato de Etila	-	-	-	-	-	-				
13	Hidróxido de Potássio	-	-	-	-	-	-				
14	Acetato de Potássio	-	-	-	-	-	-				
15	Sulfato de Magnésio	-	-	-	-	-	-				
16	Sulfato de Magnésio Hidratado	-	-	-	-	-	-				
17	Níquel Raney	-	-	-	-	-	-				
18	Hidrogênio	-	-	-	-	-	-				
19	1-(4'-isobutilfenil)etanol	-	-	-	-	-	-				
20	Ácido Clorídrico	-	-	-	-	-	-				
21	Benzeno	-	-	-	-	-	-				
22	Complexo de Paládio	-	-	-	-	-	-				
23	Monóxido de Carbono	-	-	-	-	-	-				
24	Sulfato de Sódio	29,1289	8,4676	-	-	-	-				
25	Sulfato de Sódio Hidratado	-	-	100	100	-	-				
26	Ibuprofeno	33,9366	6,7932	-	-	100	100				
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43	Água	-	-	-	-	-	-				
44	Total	100	100	100	100	100	100				
45	Vazão total seca (kg/h)	501,1692		83,4307		42,52					
46	Vazão total seca (kmol/h)	12,1356		0,2569		0,2061					
47	Vazão total úmida (kg/h)										
48	Vazão total úmida (kmol/h)										
49	NOTAS :										
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
Rev.		Por									
Data		Aprovado									

PROJETO : Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde				EQUIPAMENTO nº		C-1	
UNIDADE : Tanque de armazenamento de Ácido Fluorídrico (HF)				Pág.	1	de	1
TANQUES							
1 CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
2 EQUIPAMENTO N C-1							
3 SERVIÇO Armazenagem de Ácido Fluorídrico (HF)							
4 CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO			CARACTERÍSTICAS DO TANQUE		VENTILAÇÃO		
5 COMP. CORROSIVOS ID	Sim		TIPO DE TANQUE	Estérico	GÁS DE BLANKETING	-	
6 COMP. CORROSIVOS	% p	100	TIPO DE TETO	-	VAZÃO ENT. MÁX.	m³/h	-
7 SÓLIDOS SUSPENSÃO	% p	-	CapacidadeE TOTAL	m³	523,59878	VAZÃO SAI. MÁX.	m³/h
8 TEMP. ARMACEN., T	°C	25	CapacidadeE ÚTIL	m³	262,8	ACESSÓRIOS	
9 DENSIDADE DE LÍQUIDO @ T	kg/m³	1115	DÍ. INTERNO	m	10	AGITAÇÃO	si / no
10 VISCOSIDADE @ T	cSt	0,908	ALTURA	m	-	SERPENTINA	si / no
11 TEMP. MÁX. ARM., Tmáx.	°C	80	MÁX. NÍVEL	m	-	MÉDIO AQUECIMENTO	
12 PRES. VAPOR @ Tmáx.	kg/cm² a	2,1127	MÍN. NÍVEL	m	-	DUTY	Gcal/h
13 PONTO DE FULGOR	°C	-	PRESSÃO DESENHO	kg/cm²	12,05	PRESSÃO DE DESENHO	kg/cm² g
14 PONTO FLUIDEZ	°C	-	TEMPERAT. DESENHO	°C	25	TEMPERAT. DESENHO	°C
15 CLASSIFICAÇÃO DO FLUÍDO SEGUNDO REGULAMENTO							
16 TANQUE ATMOSFÉRICO			TANQUE A PRESSÃO		RECIPIENTE A PRESSÃO / ESFERA		
17 API 650			API 620		ASME VIII / API 2510 / API 2350		
18 Pres. Vapor @ Tmáx (kg/cm² a) < 1			1<Pres. Vapor @ Tmáx (kg/cm² a)<2		Pvap. @15°C (kg/cm² a) > 2		
19 Pvap @Tmáx: 0 <T. Fijo<0.05<T. Flotante < 1			Techo fijo		Recipiente / Esfera		
20 B	Pto. fulgor < 38 °C		B1 <input type="checkbox"/>	Pto. fulgor < 38 °C	A1 <input type="checkbox"/>	Temp. Armazen. < 0°C	
21 B	38°C<Pto. fulgor<55 °C		B2 <input type="checkbox"/>	38°C<Pto. fulgor<55 °C	A2 <input checked="" type="checkbox"/>	Temp. Armazen. > 0°C	
22 C	55°C<Pto. fulgor<100 °C						
23 D	Pto. fulgor > 100 °C						
24 ESQUEMA							
43 MATERIAL				CONEXÕES			
44	Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico	SIGLA	Nº	DIA (")	SERVIÇO
45	Envolv./ fundos			A			Alimentação
46	Teto			B			Saída de Gás
47	Internos			C			Controle de Nível
48	Isolamento			D			Boca de Inspeção
49 NOTAS :							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

PROJETO : Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde				EQUIPAMENTO nº		C-2	
UNIDADE : Tanque de armazenamento de Isobutilbenzeno				Pág.	1	de	1

TANQUES							
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
EQUIPAMENTO Nº C-2							
SERVIÇO Armazenagem de Isobutilbenzeno							
CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO			CARACTERÍSTICAS DO TANQUE		VENTILAÇÃO		
COMP. CORROSIVOS ID	Não		TIPO DE TANQUE	Cilíndrico	GÁS DE BLANKETING	-	
COMP. CORROSIVOS	% p	-	TIPO DE TETO	Fixo	VAZÃO ENT. MÁX.	m³/h	-
SÓLIDOS SUSPENSÃO	% p	-	CapacidadeE TOTAL	m³	0,9878	VAZÃO SAI. MÁX.	m³/h
TEMP. ARMACEN., T	°C	25	CapacidadeE ÚTIL	m³	0,4771	ACESSÓRIOS	
DENSIDADE LÍQUIDO @ T	kg/m³	856,8075	DIÁ. INTERNO	m	0,68	AGITAÇÃO	si / no
VISCOSIDADE @ T	cSt	1,05	ALTURA	m	2,72	SERPENTINA	si / no
TEMP. MÁX. ARM., Tmáx.	°C	80	MÁX. NÍVEL	m	2,176	MÉDIO AQUECIMENTO	-
PRES. VAPOR @ Tmáx.	kg/cm² a	0,057	MÍN. NÍVEL	m	0,544	DUTY	Gcal/h
PONTO DE FULGOR	°C	427	PRESSÃO DESENHO	kg/cm² g	3,5	PRESSÃO DE DESENHO	kg/cm² g
PONTO FLUIDEZ	°C	-	TEMPERAT. DESENHO	°C	80	TEMPERAT. DESENHO	°C

CLASSIFICAÇÃO DO FLUÍDO SEGUNDO REGULAMENTO							
TANQUE ATMOSFÉRICO			TANQUE A PRESSÃO				
API 650			API 620			ASME VIII / API 2510 / API 2350	
Pres. Vapor @ Tmáx (kg/cm² a) < 1			1<Pres. Vapor @ Tmáx (kg/cm² a)<2			Pvap. @15°C (kg/cm² a) > 2	
Pvap @Tmáx: 0 <T. Fijo<0.05<T. Flotante < 1			Techo fijo			Recipiente / Esfera	
B1	Pto. fulgor < 38 °C		B1	Pto. fulgor < 38 °C		A1	Temp. Armazen. < 0°C
B2	38°C<Pto. fulgor<55 °C		B2	38°C<Pto. fulgor<55 °C		A2	Temp. Armazen. > 0°C
C	55°C<Pto. fulgor<100 °C						
D	Pto. fulgor > 100 °C						

ESQUEMA							

MATERIAL				CONEXÕES			
	Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico	SIGLA	Nº	DIA (")	SERVIÇO
44	Envolv./ fundos			A			Alimentação
45	Teto			B			Saída Inferior
46	Internos			C			Controle de Nível
47	Isolamento						
48	NOTAS :						
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							

Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO : Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde				EQUIPAMENTO nº		C-3			
UNIDADE : Tanque de armazenamento de Anidrido Acético				Pág.		1 de 1			
TANQUES									
1 CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO									
2 EQUIPAMENTO N C-3									
3 SERVIÇO Armazenagem de Anidrido Acético									
4 CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO				CARACTERÍSTICAS DO TANQUE		VENTILAÇÃO			
5 COMP. CORROSIVOS ID	Sim			TIPO DE TANQUE	Cilíndrico	GÁS DE BLANKETING	-		
6 COMP. CORROSIVOS	% p	100			TIPO DE TETO	Fixo	VAZÃO ENT. MÁX.	m³/h -	
7 SÓLIDOS SUSPENSÃO	% p	-			CapacidadeE TOTAL	m³	1,3254	VAZÃO SAI. MÁX.	m³/h -
8 TEMP. ARMACEN., T	°C	25			CapacidadeE ÚTIL	m³	0,5706	ACESSÓRIOS	
9 DENSIDADE LÍQUIDO @ T	kg/m³	1080			DIÁ. INTERNO	m	0,75	AGITAÇÃO	si / no -
10 VISCOSIDADE @ T	cSt	0,843			ALTURA	m	3	SERPENTINA	si / no -
11 TEMP. MÁX. ARM., Tmáx.	°C	80			MÁX. NÍVEL	m	2,4	MÉDIO AQUECIMENTO	-
12 PRES. VAPOR @ Tmáx.	kg/cm² a	0,0069			MÍN. NÍVEL	m	0,6	DUTY	Gcal/h -
13 PONTO DE FULGOR	°C	316			PRESSÃO DESENHO	kg/cm² g	3,5	PRESSÃO DE DESENHO	kg/cm² g -
14 PONTO FLUIDEZ	°C	-			TEMPERAT. DESENHO	°C	80	TEMPERAT. DESENHO	°C -
15 CLASSIFICAÇÃO DO FLUÍDO SEGUNDO REGULAMENTO									
16 TANQUE ATMOSFÉRICO				TANQUE A PRESSÃO				RECIPIENTE A PRESSÃO / ESFERA	
17 API 650				API 620				ASME VIII / API 2510 / API 2350	
18 Pres. Vapor @ Tmáx (kg/cm² a) < 1				1<Pres. Vapor @ Tmáx (kg/cm² a)<2				Pvap. @15°C (kg/cm² a) > 2	
19 Pvap @Tmáx: 0 <T. Fijo<0.05<T. Flotante < 1				Techo fijo				Recipiente / Esfera	
20 B	Pto. fulgor < 38 °C			B1 <input type="checkbox"/>	Pto. fulgor < 38 °C			A1 <input type="checkbox"/>	Temp. Armazen. < 0°C
21 B	38°C<Pto. fulgor<55 °C			B2 <input type="checkbox"/>	38°C<Pto. fulgor<55 °C			A2 <input type="checkbox"/>	Temp. Armazen. > 0°C
22 C	55°C<Pto. fulgor<100 °C								
23 D	Pto. fulgor > 100 °C								
24 ESQUEMA									
43 MATERIAL					CONEXÕES				
44	Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico	SIGLA	Nº	DIA (")	BRIDA	SERVIÇO	
45	Envolv./ fundos			A				Alimentação	
46	Teto			B				Saída Inferior	
47	Internos			C				Controle de Nível	
48	Isolamento								
49 NOTAS :									
50									
51									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
Rev.	Por								
Data	Aprovado								

PROJETO	Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde				EQUIPAMENTO nº	C-4			
UNIDADE:	Reator de Acilação (Reator 1)				Pág.	1	de 1		
RECIPIENTES VERTICAIS									
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO									
1	EQUIPAMENTO N°				C-4				
2	SERVIÇO				Reação de Acilação (Reator 1)				
3	CONDIÇÕES				PRESSÃO (kg/cm² g)	TEMPERATURA (°C)			
4	DE OPERAÇÃO NORMAL				0,2	80			
5	DE DESENHO MECÂNICO				3,5	110			
6	DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)								
7	DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO								
8	À MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)								
9	DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO								
10	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO				ESQUEMA				
11	FLUÍDO		Composto Orgânico						
12	COMPOSTOS. CORROSIVOS		Sim						
13	TEOR (% / ppm p)		60,30%						
14	DENSIDADE LÍQ. @T (kg/m³)		968,3						
15	DENSIDADE LÍQ. PESADO @T (kg/m³)								
16	NÍVEL MÁXIMO LÍQUIDO (mm)		1050						
17	MATERIAL								
18	Material		Sob. Corrosão					Trat. Térmico	
19	Envolvente								
20	Fundo								
21	Internos								
22	Pratos								
23	Isolamento								
24	CONEXÕES								
25	IGL	Nº	DIA (")	BRIDA				Serviço	
26	A							Alimentação	
27	B							Controle de Pressão	
28	C				Controle de Nível				
29	D				Saída Superior				
30	E				Saída Inferior				
31	F				Alimentação de Gás				
32	G				Saída Fluido de Serviço				
33	H				Entrada de Fluido de Serviço				
34	I				Boca de Inspeção				
35	J				Controle de Temperatura				
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									
45									
46									
47									
48									
49									
50	NOTAS :								
51	(1) Para colunas e recipientes cheios de líquido indicar P, T em topo e fundo em operação normal y em desenho.								
52									
53									
54									
55									
56									
57									
Rev.	Por								
Data	Aprovado								

PROJETO	Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde				EQUIPAMENTO nº	C-5	
UNIDADE :	Reator de Neutralização				Pág.	1	de 1
RECIPIENTES VERTICAIS							
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
1							
2	EQUIPAMENTO N° C-5						
3	SERVIÇO Reação de Neutralização						
4	CONDIÇÕES		PRESSÃO (kg/cm² g)		TEMPERATURA (°C)		
5	DE OPERAÇÃO NORMAL		1,0334		25		
6	DE DESENHO MECÂNICO		3,5		80		
7	DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)						
8	DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO						
9	À MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)						
10	DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO						
11	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO				ESQUEMA		
12	FLUÍDO		Composto Orgânico				
13	COMPOSTOS. CORROSIVOS		Sim				
14	TEOR (% / ppm p)		15,56%				
15	DENSIDADE LÍQ. @T (kg/m³)		968,3				
16	DENSIDADE LÍQ. PESADO @T (kg/m³)						
17	NÍVEL MÁXIMO LÍQUIDO (mm)		2600				
18	MATERIAL						
19		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico			
20		Envolvente					
21		Fundo					
22		Internos					
23		Pratos					
24		Isolamento					
25	CONEXÕES						
26	IGL	Nº	DIA (")	BRIDA	Serviço		
27	A				Alimentação		
28	B				Controle de Pressão		
29	C				Controle de Nível		
30	D				Saída Inferior		
31	E				Saída Fluido de Serviço		
32	F				Entrada de Fluido de Serviço		
33	G				Boca de Inspeção		
34	H				Controle de Temperatura		
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50	NOTAS :						
51	(1) Para colunas e recipientes cheios de líquido indicar P, T em topo e fundo em operação normal y em desenho.						
52							
53							
54							
55							
56							
57							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

Indicar regiões com recobrimentos, diferente material, CA, T de projeto e/ou isolamentos, enjaquetados...

PROJETO	Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			EQUIPAMENTO nº	C-6	
UNIDADE:	Decantador 1			Pág.	1	de 1
<p align="center">RECIPIENTES HORIZONTAIS</p>						
<p align="center">CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</p>						
1						
2	EQUIPAMENTO N° C-6					
3	SERVIÇO Separação IBAP/Fase aquosa					
4	CONDIÇÕES		PRESSÃO (kg/cm² g)		TEMPERATURA (°C)	
5	DE OPERAÇÃO NORMAL		1,0334		25	
6	DE PROJETO MECÂNICO		3,5		80	
7	DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)					
8	DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO					
9	A MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)					
10	DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO					
11	<p align="center">ESQUEMA</p>					
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31	Indicar regiões com recobrimentos, diferente material, CA, T de projeto e/ou isolamentos, enjaquetados...					
32	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO			CONEXÕES		
33	FLUÍDO	Composto Orgânico		SIGLA	Nº	DIA (")
34	COMP. CORROSIVOS	Sim		A		
35	TEOR (% / ppm p)	10%		B		
36	DENS. LÍQ. @T (kg/m³)			C		
37	DENS. LÍQ. PES. @T (kg/m³)					
38	NÍVEL MÁXIMO LÍQ. (mm)	800				
39	MATERIAL					
40		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico		
41	Envoltivo					
42	Fundos					
43	Internos					
44	Isolamento					
45	NOTAS:					
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
	Rev.	Por				
	Data	Aprovado				

PROJETO	Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde				EQUIPAMENTO nº	C-7	
UNIDADE :	Secagem 1				Pág.	1	de 1
RECIPIENTES VERTICAIS							
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
1							
2	EQUIPAMENTO N° C-7						
3	SERVIÇO Remoção de Água Etapa 1.3						
4	CONDIÇÕES		PRESSÃO (kg/cm² g)		TEMPERATURA (°C)		
5	DE OPERAÇÃO NORMAL		1,0334		25		
6	DE DESENHO MECÂNICO		3,5		80		
7	DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)						
8	DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO						
9	À MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)						
10	DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO						
11	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO				ESQUEMA		
12	FLUÍDO		Composto Orgânico				
13	COMPOSTOS. CORROSIVOS		Sim				
14	TEOR (% / ppm p)		36,14%				
15	DENSIDADE LÍQ. @T (kg/m³)		987,85				
16	DENSIDADE LÍQ. PESADO @T (kg/m³)						
17	NÍVEL MÁXIMO LÍQUIDO (mm)		1800				
18	MATERIAL						
19		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico			
20	Envolvente						
21	Fundo						
22	Internos						
23	Pratos						
24	Isolamento						
25	CONEXÕES						
26	IGL	Nº	DIA (")	BRIDA	Serviço		
27	A				Alimentação		
28	B				Controle de Pressão		
29	C				Controle de Nível		
30	D				Saída Inferior		
31	E				Controle de Temperatura		
32	F				Boca de Inspeção		
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50	NOTAS :						
51	(1) Para colunas e recipientes cheios de líquido indicar P, T em topo e fundo em operação normal y em desenho.						
52							
53							
54							
55							
56							
57							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

Indicar regiões com recobrimentos, diferente material, CA, T de projeto e/ou isolamentos, enjaquetados...

PROJETO	Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			EQUIPAMENTO nº	C-8	
UNIDADE:	Pulmão 1			Pág.	1	de 1
<p align="center">RECIPIENTES HORIZONTAIS</p>						
<p align="center">CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</p>						
1						
2	EQUIPAMENTO N° C-8					
3	SERVIÇO Acúmulo do Filtrado 1					
4	CONDIÇÕES		PRESSÃO (kg/cm² g)		TEMPERATURA (°C)	
5	DE OPERAÇÃO NORMAL		1,0334		25	
6	DE PROJETO MECÂNICO		3,5		80	
7	DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)					
8	DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO					
9	A MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)					
10	DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO					
11	<p align="center">ESQUEMA</p>					
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
31						
32	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO			CONEXÕES		
33	FLUÍDO	Composto Orgânico		SIGLA	Nº	DIA (")
34	COMP. CORROSIVOS	Sim		A		
35	TEOR (% / ppm p)	38,22%		B		
36	DENS. LÍQ. @T (kg/m³)	1002		C		
37	DENS. LÍQ. PES. @T (kg/m³)			D		
38	NÍVEL MÁXIMO LÍQ. (mm)	320		E		
39	MATERIAL					
40		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico		
41	Envolvente					
42	Fundos					
43	Internos					
44	Isolamento					
45	NOTAS :					
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
Rev.	Por					
Data	Aprovado					

PROJETO		Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				EQUIPAMENTO n°		C-9	
UNIDADE :		COLUNA DESTILAÇÃO				Pág.		1 de 2	
RECIPIENTES VERTICAIS									
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO									
EQUIPAMENTO Nº		C-9							
SERVIÇO		Separar o acetato de etila da corrente							
CONDIÇÕES		PRESSÃO (kg/cm² g)				TEMPERATURA (°C)			
POSICÃO (1)		Topo		Fundo		Topo		Fundo	
DE OPERAÇÃO NORMAL		1,19		1,89		135,4		170,2	
DE DESENHO MECÂNICO		3,68		3,68		202,2		202,2	
DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)									
DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO									
À MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)									
DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO									
CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO					ESQUEMA				
FLUÍDO		MISTURA ORGÂNICA							
COMPOSTOS. CORROSIVOS		ANIDRIDO ACÉTICO							
TEOR (% / ppm p)		47,52							
DENSIDADE LÍQ. LEVE @ T (kg/m3)		-							
DENSIDADE LÍQ. PESADO @ T (kg/m3)		-							
NÍVEL MÁXIMO LÍQUIDO (mm)		3882							
MATERIAL									
		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico					
21	Envoltivo	AC	6 mm						
22	Fundo	AC	6 mm						
23	Internos	AC	6 mm						
24	Pratos	AC	6 mm						
25	Isolamento	SIM							
CONEXÕES									
27	SIGLA	Nº	DIA (")	BRIDA	Serviço				
28	A		2		Saída para condensador				
29	B		2		Purga de vapor				
30	C		2		Entrada de refluxo				
31	D		2		Entrada de alimentação				
32	E		2		Indicador de nível superior				
33	F		2		Indicador de nível inferior				
34	G		12		Boca de inspeção				
35	H		2		Saída para refeedor				
36	I		2		Purga de líquido				
37	J		2		Indicador de temperatura				
38	K		2		Entrada do vapor				
39									
40									
41									
42									
43									
44									
45									
46									
47									
48									
49									
50									
NOTAS :									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
Rev.		Por							
Data		Aprovado							

PROJETO :	Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				EQUIPAMENTO n		C-9	
UNIDADE DE :	COLUNA DE DESTILAÇÃO C-9				Pt 2.	1	de	2
PRATOS / RECHEIOS								
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
2	EQUIPAMENTO Nº	C-9						
3	SERVIÇO / CASO DE DESENHO :	ELIMINAÇÃO DE LEVES (ETOAc)						
4	SEÇÕES DE FRACIONAMENTO (1)							
5	SEÇÃO							
6	DE PRATO REAL / A PRATO REAL		DE	1	A	2	DE	3
7	PRESSÃO, P	Kg/cm ² g		1,19		1,25		1,32
8	PERDA DE PRESSÃO ADMISSÍVEL	kg/cm ²		0,1		0,1		
9	NÚMERO DE PRATOS TEÓRICOS	-		12				
10	CALOR RETIRADO NA SEÇÃO (2)	Gcal/h		0,0000702		0,00167		
11	VAPOR AO PRATO							
12	VAZÃO MÁSSICA	kg/h		89,26		129,9		133,3
13	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ P,T	m ³ /h		25,15		34,72		34,06
14	DENSIDADE @ P,T	Kg/m ³		3,549		3,741		3,914
15	VISCOSIDADE @ T	cP		0,00917		0,00927		0,00933
16	TEMPERATURA, T	°C		137,9		148,8		153,3
17	VAZÃO DE OPERAÇÃO MÁX. / MÍN.	%						
18	LÍQUIDO DO PRATO							
19	VAZÃO MÁSSICA	kg/h		44,8		181,8		185,2
20	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ P,T	m ³ /h		0,0504		0,206		0,2106
21	DENSIDADE @ T	Kg/m ³		888,6		883,4		879,6
22	VISCOSIDADE @ T	cSt		0,2683		0,3181		0,3065
23	TENSÃO SUPERFICIAL @ P,T	Dinas/cm		2609		2040		2030
24	TEMPERATURA, T	°C		137,9		148,8		153,3
25	VAZÃO DE OPERAÇÃO MÁX. / MÍN.	%						
26	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA							
27	SYSTEM (FOAMING) FACTOR	-						
28	TENDÊNCIA AO FOULING (baixo/moderado/alto)	-						
29	COMP. CORROSIVOS / TEOR	% p / ppm p		ANID. ACETICO 77,8%		ANID. ACETICO 24,92%		
30	LIMITAÇÕES EM PROJETO DE PRATOS (3)							
31	JET FLOODING, MÁX.	%						
32	DOWNCOMER BACKUP, MÁX.	%						
33	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS (4)							
34	DIÂMETRO INTERIOR DA COLUNA	mm		3500				
35	NÚMERO DE PRATOS	-		12				
36	DISTÂNCIA ENTRE PRATOS	mm						
37	NÚMERO DE PASSES POR PRATO	-						
38	TIPO DE PRATO (Perforado, válvulas,...)	-						
39	ALTURA DE RECHEIO	mm		4200				
40	TIPO DE RECHEIO	-		Rasching ceramic ring				
41	NOTAS :							
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58	Para materiais ver folha de seleção de materiais.							
Rev.	Por							
Data	Aprovado							

PROJETO		Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				EQUIPAMENTO		r		C-10	
UNIDADE :		RECIPIENTE PULMÃO				Pág.		1		de 1	
RECIPIENTES VERTICAIS											
1 CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO											
2 EQUIPAMENTO Nº		C-10									
3 SERVIÇO		Acumulador									
4 CONDIÇÕES						PRESSÃO (kg/cm ² g)		TEMPERATURA (°C)			
5 POSIÇÃO (1)											
6 DE OPERAÇÃO NORMAL						1,19		1,19		135,4	
7 DE DESENHO MECÂNICO						3,68		3,68		202,2	
8 DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)											
9 DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO											
10 À MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)											
11 DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO											
12 CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO						ESQUEMA					
13 FLUIDO				MISTURA ORGÂNICA							
14 COMPOSTOS. CORROSIVOS				ANIDRIDO ACÉTICO							
15 TEOR (% / ppm p)				73,52%							
16 DENSIDADE LIQ. LEVE @ T (kg/m ³)				-							
17 DENSIDADE LIQ. PESADO @ T (kg/m ³)				-							
18 NÍVEL MÁXIMO LÍQUIDO (mm)				960 mm							
MATERIAL											
20		Material		Sob. Corrosão		Trat. Térmico					
21 Envolvente		AC		6 mm							
22 Fundo		AC		6 mm							
23 Internos		AC		6 mm							
24 Pratos		AC		6 mm							
25 Isolamento		SIM									
CONEXÕES											
27 SIGLA		Nº		DIA (")		BRIDA		Serviço			
28 A				2				ALIMENTAÇÃO			
29 B								VÁLVULA DE SEGURANÇA (2)			
30 C		2						CONTROLE DE NÍVEL			
31 D		4						VENTEIO			
32 E		2						PURGA COM VAPOR			
33 F		12						BOCA DE INSPEÇÃO			
34 G		2						VÁLVULA DE LEVE			
35 H		2						VÁLVULA DE REFLUXO			
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43											
44											
45											
46											
47											
48											
49											
50											
51 NOTAS :											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
Rev.		Por									
Data		Aprovado									

PROJETO	Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			EQUIPAMENTO nº	C-11	
UNIDADE:	Pulmão 2			Pág.	1	de 1
RECIPIENTES HORIZONTAIS						
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
1						
2	EQUIPAMENTO N° C-11					
3	SERVIÇO Acúmulo Saida da Destilação 1					
4	CONDIÇÕES		PRESSÃO (kg/cm² g)		TEMPERATURA (°C)	
5	DE OPERAÇÃO NORMAL		1,0334		25	
6	DE PROJETO MECÂNICO		3,5		80	
7	DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)					
8	DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO					
9	A MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)					
10	DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO					
11	ESQUEMA					
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31	Indicar regiões com recobrimentos, diferente material, CA, T de projeto e/ou isolamentos, enjaquetados...					
32	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO			CONEXÕES		
33	FLUÍDO	Composto Orgânico		SIGLA	Nº	DIA (")
34	COMP. CORROSIVOS	Sim		A		
35	TEOR (% / ppm p)	2,60%		B		
36	DENS. LÍQ. @T (kg/m³)	752,5		C		
37	DENS. LÍQ. PES. @T (kg/m³)			D		
38	NÍVEL MÁXIMO LÍQ. (mm)	300		E		
39	MATERIAL					
40		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico		
41	Envolvente					
42	Fundos					
43	Internos					
44	Isolamento					
45	NOTAS:					
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
Rev.	Por					
Data	Aprovado					

PROJETO:		Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde			EQUIPAMENTO nº		C -12		
UNIDADE:		Coluna de destilação de impurezas			Pág.		1 de 2		
<p align="center">RECIPIENTES VERTICAIS</p>									
<p align="center">1 CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</p>									
EQUIPAMENTO Nº		C - 12							
SERVIÇO		Remoção de impurezas							
CONDIÇÕES		PRESSÃO (kg/cm² g)		TEMPERATURA (°C)					
POSIÇÃO (1)		Topo		Fundo		Topo		Fundo	
DE OPERAÇÃO NORMAL		0,917743709		1,223658278		158,5		287,9	
DE DESENHO MECÂNICO		3,5		3,5		320		320	
DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)									
DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO									
À MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)									
DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO									
CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO		ESQUEMA							
FLUÍDO		Mistura orgânica							
COMPOSTOS. CORROSIVOS		Anidrido Acético							
TEOR (% / ppm p)		2,59%							
DENSIDADE LÍQ. LEVE @T (kg/m3)		761,9							
DENSIDADE LÍQ. PESADO @T (kg/m3)		737,1							
NÍVEL MÁXIMO LÍQUIDO (mm)		1360							
MATERIAL									
	Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico						
21	Envolvente	AC	6 mm						
22	Fundo	AC	6 mm						
23	Internos	AC	6 mm						
24	Pratos	AC	6 mm						
25	Isolamento								
CONEXÕES									
27	SIGLA	Nº	DIA (")	BRIDA	Serviço				
28	A		2		Saída para condensador				
29	B		2		Purga de vapor				
30	C		2		Entrada de refluxo				
31	D		2		Entrada de alimentação				
32	E		2		Indicador de nível superior				
33	F		2		Indicador de nível inferior				
34	G		12		Boca de inspeção				
35	H		2		Saída para refeedor				
36	I		2		Purga de líquido				
37	J		2		Indicador de temperatura				
38	K		2		Entrada do vapor				
39									
40									
41									
42									
43									
44									
45									
46									
47									
48									
49									
50									
NOTAS :									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
Rev.		Por							
Data		Aprovado							

PROJETO :	Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				EQUIPAMENTO n	C - 12	
UNIDADE:	Coluna de destilação de impurezas				Pág.	2	de 2
PRATOS / RECHEIOS							
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2	EQUIPAMENTO Nº	C - 12					
3	SERVIÇO / CASO DE DESENHO :	Remoção de impurezas					
4	SEÇÕES DE FRACIONAMENTO (1)						
5	SEÇÃO		Enriquecimento		Esgotamento		
6	DE PRATO REAL / A PRATO REAL		DE 1	A 2	DE 3	A 5	
7	PRESSÃO, P	Kg/cm ² g	0,917743709	0,994222351	1,070700993	1,223658278	
8	PERDA DE PRESSÃO ADMISSÍVEL	kg/cm ²	0,1		0,1		
9	NÚMERO DE PRATOS TEÓRICOS (REAIS)	-			5		
10	CALOR RETIRADO NA SEÇÃO (2)	kcal/h	-70,45602294		15,56892925		
11	VAPOR AO PRATO						
12	VAZÃO MÁSSICA	kg/h	141,1	146,4	195,9	247	
13	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ P,T	m ³ /h	25,84	23	27,18	31,44	
14	DENSIDADE @ P,T	Kg/m ³	5,461	6,367	7,207	7,855	
15	VISCOSIDADE @ T	cP	9,36E-03	9,18E-03	8,97E-03	8,97E-03	
16	TEMPERATURA, T	°C	173,9	225,4	263,8	287,3	
17	VAZÃO DE OPERAÇÃO MÁX. / MÍN.	%	-		-		
18	LÍQUIDO DO PRATO						
19	VAZÃO MÁSSICA	kg/h	132,5	189,7	239,2	290,3	
20	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ P,T	m ³ /h	1,79E-01	2,54E-01	3,29E-01	4,10E-01	
21	DENSIDADE @ T	Kg/m ³	739	745,9	726,1	707,7	
22	VISCOSIDADE @ T	cSt	0,368064953	0,356616168	0,293348024	0,254345061	
23	TENSÃO SUPERFICIAL @ P,T	Dinas/cm	165	29,7	15,6	13,6	
24	TEMPERATURA, T	°C	173,9	225,4	263,8	287,3	
25	VAZÃO DE OPERAÇÃO MÁX. / MÍN.	%	-		-		
26	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA						
27	SYSTEM (FOAMING) FACTOR	-					
28	TENDÊNCIA AO FOULING (baixo/moderado/alto)	-					
29	COMP. CORROSIVOS / TEOR	% p / ppm p					
30	LIMITAÇÕES EM PROJETO DE PRATOS (3)						
31	JET FLOODING, MÁX.	%					
32	DOWNCOMER BACKUP, MÁX.	%					
33	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS (4)						
34	DIÂMETRO INTERIOR DA COLUNA	mm	300				
35	NÚMERO DE PRATOS	-	5				
36	DISTÂNCIA ENTRE PRATOS	mm					
37	NÚMERO DE PASSES POR PRATO	-					
38	TIPO DE PRATO (Perforado, válvulas,...)	-					
39	ALTURA DE RECHEIO	mm	1500				
40	TIPO DE RECHEIO	-	Raschig Ceramic Ring				
41	NOTAS :						
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO:		Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde		EQUIPAMENTO nº		C - 13	
UNIDADE:		Acumulador do topo da segunda coluna		Pág.		1 de 1	

RECIPIENTES VERTICAIS							
1 CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
2 EQUIPAMENTO Nº		C - 13					
3 SERVIÇO		Acumulador					
4 CONDIÇÕES				PRESSÃO (kg/cm² g)		TEMPERATURA (°C)	
5 POSIÇÃO				-		-	
6 DE OPERAÇÃO NORMAL				0,917743709		158,5	
7 DE DESENHO MECÂNICO				3,5		190	
8 DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)							
9 DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO							
10 À MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)							
11 DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO							
12 CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO				ESQUEMA			
13 FLUÍDO		Mistura orgânica					
14 COMPOSTOS. CORROSIVOS		Anidrido Acético					
15 TEOR (% / ppm p)		15,62%					
16 DENSIDADE LÍQ. LEVE @T (kg/m3)		761,9					
17 DENSIDADE LÍQ. PESADO @T (kg/m3)		-					
18 NÍVEL MÁXIMO LÍQUIDO (mm)		280					
19 MATERIAL							
20		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico			
21	Envolvente	AC	6 mm				
22	Fundo	AC	6 mm				
23	Internos	AC	6 mm				
24	Pratos	AC	6 mm				
25	Isolamento						
26 CONEXÕES							
27	SIGLA	Nº	DIA (")	BRIDA	Serviço		
28	A		2		Alimentação		
29	B		-		Válvula de segurança		
30	C		2		Controle de nível		
31	D		2		Venteio		
32	E		2		Purga com vapor		
33	F		6		Boca de inspeção		
34	G		2		Válvula de impurezas		
35	H		2		Válvula de refluxo		
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51 NOTAS :							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							

Rev.	Por						
Data	Aprovado						

350 mm

PROJETO	Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde				EQUIPAMENTO nº	C-14	
UNIDADE :	Reator de Hidrogenação (Reator 2)				Pág.	1	de 1
RECIPIENTES VERTICAIS							
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
1							
2	EQUIPAMENTO N° C-14						
3	SERVIÇO Reator de Hidrogenação (Reator 2)						
4	CONDIÇÕES		PRESSÃO (kg/cm² g)		TEMPERATURA (°C)		
5	DE OPERAÇÃO NORMAL		1,0332		70		
6	DE DESENHO MECÂNICO		3,5		100		
7	DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)						
8	DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO						
9	À MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)						
10	DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO						
11	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO				ESQUEMA		
12	FLUÍDO		Composto Orgânico				
13	COMPOSTOS. CORROSIVOS		Não				
14	TEOR (% / ppm p)						
15	DENSIDADE LÍQ. @T (kg/m³)		968,3				
16	DENSIDADE LÍQ. PESADO @T (kg/m³)						
17	NÍVEL MÁXIMO LÍQUIDO (mm)		1200				
18	MATERIAL						
19		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico			
20	Envolvente						
21	Fundo						
22	Internos						
23	Pratos						
24	Isolamento						
25	CONEXÕES						
26	GL	Nº	DIA (")	BRIDA	Serviço		
27	A				Alimentação		
28	B				Controle de Pressão		
29	C				Controle de Nível		
30	D				Saída Superior		
31	E				Saída Inferior		
32	F				Alimentação de Gás		
33	G				Saída Fluido de Serviço		
34	H				Entrada de Fluido de Serviço		
35	I				Boca de Inspeção		
36	J				Controle de Temperatura		
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50	NOTAS :						
51	(1) Para colunas e recipientes cheios de líquido indicar P, T em topo e fundo em operação normal y em desenho.						
52							
53							
54							
55							
56							
57							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

Indicar regiões com recobrimentos, diferente material, CA, T de projeto e/ou isolamentos, enjaquetados...

PROJETO	Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			EQUIPAMENTO nº	C-15			
UNIDADE :	Reator de Carbonilação (Reator 3)			Pág.	1	de	1	
RECIPIENTES VERTICAIS								
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO								
1								
2	EQUIPAMENTO N° C-15							
3	SERVIÇO Reação de Carbonilação (Reator 3)							
4	CONDIÇÕES		PRESSÃO (kg/cm ² g)		TEMPERATURA (°C)			
5	DE OPERAÇÃO NORMAL		1,0334		125			
6	DE DESENHO MECÂNICO		3,5		155			
7	DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)							
8	DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO							
9	À MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)							
10	DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO							
11	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO			ESQUEMA				
12	FLUÍDO		Composto Orgânico					
13	COMPOSTOS. CORROSIVOS		Sim					
14	TEOR (% / ppm p)		5%					
15	DENSIDADE LÍQ. @ T (kg/m ³)		959,4					
16	DENSIDADE LÍQ. PESADO @ T (kg/m ³)							
17	NÍVEL MÁXIMO LÍQUIDO (mm)		2800					
18	MATERIAL							
19		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico				
20		Envolvente						
21		Fundo						
22		Internos						
23		Pratos						
24		Isolamento						
25	CONEXÕES							
26	IGL	Nº	DIA (")	BRIDA				Serviço
27	A							Alimentação
28	B							Controle de Pressão
29	C				Controle de Nível			
30	D				Saída Superior			
31	E				Saída Inferior			
32	F				Alimentação de Gás			
33	G				Saída Fluido de Serviço			
34	H				Entrada de Fluido de Serviço			
35	I				Boca de Inspeção			
36	J				Controle de Temperatura			
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50	NOTAS :							
51	(1) Para colunas e recipientes cheios de líquido indicar P, T em topo e fundo em operação normal y em desenho.							
52								
53								
54								
55								
56								
57								
Rev.	Por							
Data	Aprovado							

PROJETO	Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			EQUIPAMENTO nº	C-16	
UNIDADE:	Decantador 2			Pág.	1	de 1
<p align="center">RECIPIENTES HORIZONTAIS</p>						
<p align="center">CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</p>						
1						
2	EQUIPAMENTO N° C-16					
3	SERVIÇO Separação HCl					
4	CONDIÇÕES		PRESSÃO (kg/cm² g)		TEMPERATURA (°C)	
5	DE OPERAÇÃO NORMAL		1,0334		25	
6	DE PROJETO MECÂNICO		3,5		80	
7	DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)					
8	DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO					
9	A MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)					
10	DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO					
11	<p align="center">ESQUEMA</p>					
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31	Indicar regiões com recobrimentos, diferente material, CA, T de projeto e/ou isolamentos, enjaquetados...					
32	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO			CONEXÕES		
33	FLUÍDO	Composto Orgânico		SIGLA	Nº	DIA (")
34	COMP. CORROSIVOS	Sim		A		
35	TEOR (% / ppm p)	3%		B		
36	DENS. LÍQ. @T (kg/m³)			C		
37	DENS. LÍQ. PES. @T (kg/m³)					
38	NÍVEL MÁXIMO LÍQ. (mm)					
39	MATERIAL					
40		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico		
41	Envolvente					
42	Fundos					
43	Internos					
44	Isolamento					
45	NOTAS:					
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
	Rev.	Por				
	Data	Aprovado				

PROJETO	Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde				EQUIPAMENTO nº	C-17	
UNIDADE :	Extrator				Pág.	1	de 1
RECIPIENTES VERTICAIS							
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
1							
2	EQUIPAMENTO Nº C-17						
3	SERVIÇO Remoção do Catalisador da Reação 3						
4	CONDIÇÕES				PRESSÃO (kg/cm² g)		TEMPERATURA (°C)
5	DE OPERAÇÃO NORMAL				1,0334		25
6	DE DESENHO MECÂNICO				3,5		80
7	DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)						
8	DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO						
9	À MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)						
10	DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO						
11	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO				ESQUEMA		
12	FLUÍDO		Composto Orgânico				
13	COMPOSTOS. CORROSIVOS		Não				
14	TEOR (% / ppm p)						
15	DENSIDADE LÍQ. LEVE @ T (kg/m³)						
16	DENSIDADE LÍQ. PESADO @ T (kg/m³)						
17	NÍVEL MÁXIMO LÍQUIDO (mm)						
18	MATERIAL						
19		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico			
20		Envoltivo					
21		Fundo					
22		Internos					
23		Pratos					
24		Isolamento					
25	CONEXÕES						
26	IGL	Nº	DIA (")	BRIDA	Serviço		
27	A				Alimentação		
28	B				Controle de Pressão		
29	C				Controle de Nível		
30	D				Saída Inferior		
31	E				Controle de Temperatura		
32	F				Boca de Inspeção		
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50	NOTAS :						
51	(1) Para colunas e recipientes cheios de líquido indicar P, T em topo e fundo em operação normal y em desenho.						
52							
53							
54							
55							
56							
57							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

Indicar regiões com recobrimentos, diferente material, CA, T de projeto e/ou isolamentos, enjaquetados...

PROJETO	Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde				EQUIPAMENTO nº	C-20	
UNIDADE :	Secagem 2				Pág.	1	de 1
RECIPIENTES VERTICAIS							
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
1							
2	EQUIPAMENTO N° C-20						
3	SERVIÇO Remoção de Água Etapa 3.4						
4	CONDIÇÕES		PRESSÃO (kg/cm² g)		TEMPERATURA (°C)		
5	DE OPERAÇÃO NORMAL		1,0334		25		
6	DE DESENHO MECÂNICO		3,5		80		
7	DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)						
8	DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO						
9	À MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)						
10	DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO						
11	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO				ESQUEMA		
12	FLUÍDO		Composto Orgânico				
13	COMPOSTOS. CORROSIVOS		Não				
14	TEOR (% / ppm p)		-				
15	DENSIDADE LÍQ. @T (kg/m3)						
16	DENSIDADE LÍQ. PESADO @T (kg/m3)						
17	NÍVEL MÁXIMO LÍQUIDO (mm)						
18	MATERIAL						
19		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico			
20		Envolvente					
21		Fundo					
22		Internos					
23		Pratos					
24		Isolamento					
25	CONEXÕES						
26	IGL	Nº	DIA (")	BRIDA	Serviço		
27	A				Alimentação		
28	B				Controle de Pressão		
29	C				Controle de Nível		
30	D				Saída Inferior		
31	E				Controle de Temperatura		
32	F				Boca de Inspeção		
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50	NOTAS :						
51	(1) Para colunas e recipientes cheios de líquido indicar P, T em topo e fundo em operação normal y em desenho.						
52							
53							
54							
55							
56							
57							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

Indicar regiões com recobrimentos, diferente material, CA, T de projeto e/ou isolamentos, enjaquetados...

PROJETO : Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde				EQUIPAMENTO nº		C-21		
UNIDADE : Tanque de armazenamento de Ibuprofeno				Pág.		1 de 1		
TANQUES								
1 CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO								
2 EQUIPAMENTO N C-21								
3 SERVIÇO Armazenagem de Ibuprofeno								
4								
CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO			CARACTERÍSTICAS DO TANQUE		VENTILAÇÃO			
5 COMP. CORROSIVOS ID	Não		TIPO DE TANQUE	Cilíndrico	GÁS DE BLANKETING		-	
6 COMP. CORROSIVOS	% p	-	TIPO DE TETO	Fixo	VAZÃO ENT. MÁX.		m³/h -	
7 SÓLIDOS SUSPENSÃO	% p	-	CapacidadeE TOTAL	m³ 0,678584	VAZÃO SAI. MÁX.		m³/h -	
8 TEMP. ARMACEN., T	°C	25	CapacidadeE ÚTIL	m³ 0,346	ACESSÓRIOS			
9 DENSIDADE LÍQUIDO @ T	kg/m³	1013	DIÁ. INTERNO	m 0,6	AGITAÇÃO		si / no -	
10 VISCOSIDADE @ T	cSt	1.539	ALTURA	m 2,4	SERPENTINA		si / no -	
11 TEMP. MÁX. ARM., Tmáx.	°C	80	MÁX. NÍVEL	m 1,92	MÉDIO AQUECIMENTO		-	
12 PRES. VAPOR @ Tmáx.	kg/cm² a	1,12 E-6	MIN. NÍVEL	m 0,48	DUTY		Gcal/h -	
13 PONTO DE FULGOR	°C	-	PRESSÃO DESENHO	kg/cm² g 3,5	PRESSÃO DE DESENHO		kg/cm² g -	
14 PONTO FLUIDEZ	°C	-	TEMPERAT. DESENHO	°C 80	TEMPERAT. DESENHO		°C -	
15 CLASSIFICAÇÃO DO FLUÍDO SEGUNDO REGULAMENTO								
TANQUE ATMOSFÉRICO			TANQUE A PRESSÃO		RECIPIENTE A PRESSÃO / ESFERA			
API 650			API 620		ASME VIII / API 2510 / API 2350			
Pres. Vapor @ Tmáx (kg/cm² a) < 1			1<Pres. Vapor @ Tmáx (kg/cm² a)<2		Pvap. @15°C (kg/cm² a) > 2			
Pvap @Tmáx: 0 <T. Fijo<0.05<T. Flotante < 1			Techo fijo		Recipiente / Esfera			
20 B	Pto. fulgor < 38 °C		B1 <input type="checkbox"/>	Pto. fulgor < 38 °C	A1 <input type="checkbox"/>	Temp. Armazen. < 0°C		
21 B	38°C<Pto. fulgor<55 °C		B2 <input type="checkbox"/>	38°C<Pto. fulgor<55 °C	A2 <input type="checkbox"/>	Temp. Armazen. > 0°C		
22 C	55°C<Pto. fulgor<100 °C							
23 D	Pto. fulgor > 100 °C							
24 ESQUEMA								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
MATERIAL				CONEXÕES				
44	Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico	SIGLA	Nº	DIA (")	BRIDA	SERVIÇO
45	Envolv./ fundos			A				Alimentação
46	Teto			B				Saída Inferior
47	Internos			C				Controle de Nível
48	Isolamento							
49 NOTAS :								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
Rev.	Por							
Data	Aprovado							

PROJETO :		Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde				EQUIPAMENTO nº		C-25	
UNIDADE :		Tanque de armazenamento de Hidróxido de Potássio (KOH)				Pág.		1 de 1	
TANQUES									
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO									
1 EQUIPAMENTO Nº		C-25							
3 SERVIÇO		Armazenagem de Hidróxido de Potássio (KOH)							
4 CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO				CARACTERÍSTICAS DO TANQUE			VENTILAÇÃO		
5 COMP. CORROSIVOS ID				TIPO DE TANQUE		Cilíndrico		GÁS DE BLANKETING	
6 COMP. CORROSIVOS		% p		TIPO DE TETO		Fixo		VAZÃO ENT. MÁX.	
7 SÓLIDOS SUSPENSÃO		% p		CapacidadeE TOTAL		m³		VAZÃO SAI. MÁX.	
8 TEMP. ARMACEN., T		°C		25		CapacidadeE ÚTIL		m³	
9 DENSIDADE LÍQUIDO @ T		kg/m³		1026		DÍ. INTERNO		m	
10 VISCOSIDADE @ T		cSt		0,9288		ALTURA		m	
11 TEMP. MÁX. ARM., Tmáx.		°C		80		MÁX. NÍVEL		m	
12 PRES. VAPOR @ Tmáx.		kg/cm² a		0,0014		MÍN. NÍVEL		m	
13 PONTO DE FULGOR		°C				PRESSÃO DE DESENHO		kg/cm² g	
14 PONTO FLUIDEZ		°C				TEMPERAT. DESENHO		°C	
CLASSIFICAÇÃO DO FLUÍDO SEGUNDO REGULAMENTO									
16 TANQUE ATMOSFÉRICO				17 TANQUE A PRESSÃO			18 RECIPIENTE A PRESSÃO / ESFERA		
API 650				API 620			ASME VIII / API 2510 / API 2350		
Pres. Vapor @ Tmáx (kg/cm² a) < 1				1<Pres. Vapor @ Tmáx (kg/cm² a)<2			Pvap. @ 15°C (kg/cm² a) > 2		
19 Pvap @ Tmáx: 0 <T. Fijo<0.05<T. Flotante < 1				Techo fijo			Recipiente / Esfera		
20 B1		Pto. fulgor < 38 °C		B1		Pto. fulgor < 38 °C		A1	
21 B2		38°C<Pto. fulgor<55 °C		B2		38°C<Pto. fulgor<55 °C		A2	
22 C		55°C<Pto. fulgor<100 °C							
23 D		Pto. fulgor > 100 °C							
ESQUEMA									
43 MATERIAL				CONEXÕES					
44		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico	SIGLA	Nº	DIA (")	BRIDA	SERVIÇO
45		Envolv./fundos			A				Alimentação
46		Teto			B				Saída inferior
47		Internos			C				Controle de Nível
48		Isolamento							
49 NOTAS :									
50									
51									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
Rev.		Por							
Data		Aprovado							

PROJETO :	Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde				EQUIPAMENTO nº	C-26		
UNIDADE :	Tanque de armazenamento de Acetato de Etila				Pág.	1	de 1	
TANQUES								
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO								
1								
2	EQUIPAMENTO Nº	C-26						
3	SERVIÇO	Armazenagem de Acetato de Etila						
4	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO		CARACTERÍSTICAS DO TANQUE			VENTILAÇÃO		
5	COMP. CORROSIVOS ID	Não	TIPO DE TANQUE	Cilíndrico		GÁS DE BLANKETING		
6	COMP. CORROSIVOS	% p -	TIPO DE TETO	Fixo		VAZÃO ENT. MÁX.		
7	SÓLIDOS SUSPENSÃO	% p -	CapacidadeE TOTAL	m³	5,4286721	VAZÃO SAI. MÁX.		
8	TEMP. ARMACEN., T	°C	25	CapacidadeE ÚTIL	m³	2,5676	ACESSÓRIOS	
9	DENSIDADE LÍQUIDO @ T	kg/m³	902	DÍÁ. INTERNO	m	1,2	AGITAÇÃO	
10	VISCOSIDADE @ T	cSt	0,45	ALTURA	m	4,8	SERPENTINA	
11	TEMP. MÁX. ARM., Tmáx.	°C	80	MÁX. NÍVEL	m	3,84	MÉDIO AQUECIMENTO	
12	PRES. VAPOR @ Tmáx.	kg/cm² a	0,1359	MÍN. NÍVEL	m	0,96	DUTY	
13	PONTO DE FULGOR	°C	-4,4	PRESSÃO DE DESENHO	kg/cm² g	3,5	PRESSÃO DE DESENHO	
14	PONTO FLUIDEZ	°C	-	TEMPERAT. DESENHO	°C	80	TEMPERAT. DESENHO	
15	CLASSIFICAÇÃO DO FLUÍDO SEGUNDO REGULAMENTO							
16	TANQUE ATMOSFÉRICO		TANQUE A PRESSÃO		RECIPIENTE A PRESSÃO / ESFERA			
17	API 650		API 620		ASME VIII / API 2510 / API 2350			
18	Pres. Vapor @ Tmax (kg/cm² a) < 1		1<Pres. Vapor @ Tmáx (kg/cm² a)<2		Pvap. @ 15° C (kg/cm² a) > 2			
19	Pvap @ Tmáx: 0 <T. Fijo<0.05<T. Flotante < 1		Techo fijo		Recipiente / Esfera			
20	B1	Pto. fulgor < 38 °C	B1	Pto. fulgor < 38 °C	A1	Temp. Armazen. < 0°C		
21	B2	38°C<Pto. fulgor<55 °C	B2	38°C<Pto. fulgor<55 °C	A2	Temp. Armazen. > 0°C		
22	C	55°C<Pto. fulgor<100 °C						
23	D	Pto. fulgor > 100 °C						
24	ESQUEMA							
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43	MATERIAL			CONEXÕES				
44		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico	SIGLA	Nº	DIA (")	BRIDA
45	Envolv./fundos				A			
46	Teto				B			
47	Internos				C			
48	Isolamento							
49	NOTAS :							
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
Rev.	Por							
Data	Aprovado							

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO n		S -1	
UNIDADE :		Filtro de Remoção MgSO4. 7H2O		Pág.		1 de 1	
FILTROS							
1 CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
2 CASO DE PROJETO				Tratamento da Reação 1			
3 SERVIÇO				Filtração de MgSO4.7H2O			
4 EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA				S-1			
5 Nº REQUERIDO OPERAÇÃO / RESERVA				1			
6 TIPO DE FILTRO				Prensa de Quadra e Placas			
7 OPERAÇÃO : PERMANENTE / TEMPORAL				Temporal			
8 DATOS GERAIS DE OPERAÇÃO							
9 NATUREZA DO FLUIDO				Compostos Orgânicos + Sal			
10 COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS				Sim			
11 SÓLIDOS EN SUSPENSAO (quantidade / diámetro equivalente)				48 kg			
12 TAMANHO MÍNIMO DE PART. A ELIMINAR				µm			
13 VAZÃO				kg/h			
14 PRESION DE OPERAÇÃO				kg/cm² g			
15 TEMPERATURA DE OPERAÇÃO				°C			
16 Densidade @ P, T				kg/m³			
17 Viscosidade @ P, T				cSt			
18 PERDA DE CARGA PERMITIDA				kg/cm²			
19 SOBREPONTO HIDRÁULICO				%			
20 CONDIÇÕES DE FILTRAÇÃO							
21 CONTRALAVAGEM (smi / não)				Não			
22 FLUÍDO DE CONTRALAVAGEM							
23 P DISPONÍVEL FLUIDO CONTRALAVAGEM				kg/cm² g			
24 T DISPONÍVEL FLUIDO CONTRALAVAGEM				°C			
25 P DESTINO FLUIDO CONTRALAVAGEM				kg/cm² g			
26 T DESTINO FLUIDO CONTRALAVAGEM				°C			
27 CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO							
28 TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO				°C			
29 PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO				kg/cm² g			
30 STREAM IN				°C / kg/cm² g		25	
31 FLUSHING / STEAM OUT				°C / kg/cm² g		25	
32 NOTAS :							
33 Área de filtragem: 1,4261 m²							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58 Para materiais ver a folha de seleção de materiais.							
Rev.		Por					
Data		Aprovado					

PROJETO :	Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			EQUIPAMENTO n	S -2		
UNIDADE :	Filtro de Remoção Níquel Raney			Pág.	1	de	1
FILTROS							
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
2	CASO DE PROJETO	Tratamento da Reação 2					
3	SERVIÇO	Filtração de Níquel Raney					
4	EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA	S-2					
5	Nº REQUERIDO OPERAÇÃO / RESERVA	1					
6	TIPO DE FILTRO	Prensa de Quadra e Placas					
7	OPERAÇÃO : PERMANENTE / TEMPORAL	Temporal					
DATOS GERAIS DE OPERAÇÃO							
9	NATUREZA DO FLUIDO	Compostos Orgânicos + Metal					
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS	Sim					
11	SÓLIDOS EN SUSPENSAO (quantidade / diámetro equivalente)	4,4					
12	TAMANHO MÍNIMO DE PART. A ELIMINAR	µm					
13	VAZÃO	kg/h	42,78				
14	PRESION DE OPERAÇÃO	kg/cm ² g	1,7467				
15	TEMPERATURA DE OPERAÇÃO	°C	67,4				
16	Densidade @ P, T	kg/m ³	1086,9863				
17	Viscosidade @ P, T	cSt	1,45				
18	PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm ²	0,7138				
19	SOBREPROJETO HIDRÁULICO	%	30				
CONDIÇÕES DE FILTRAÇÃO							
21	CONTRALAVAGEM (smi / não)	Não					
22	FLUÍDO DE CONTRALAVAGEM						
23	P DISPONÍVEL FLUIDO CONTRALAVAGEM	kg/cm ² g					
24	T DISPONÍVEL FLUIDO CONTRALAVAGEM	°C					
25	P DESTINO FLUIDO CONTRALAVAGEM	kg/cm ² g					
26	T DESTINO FLUIDO CONTRALAVAGEM	°C					
CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO							
28	TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO	°C	80				
29	PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO	kg/cm ² g	3,5				
30	STREAM IN	°C / kg/cm ² g	67,4	1,7467			
31	FLUSHING / STEAM OUT	°C / kg/cm ² g	67,4	1,0327			
32	NOTAS :						
33	Área de filtragem: 0,3049 m²						
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58	Para materiais ver a folha de seleção de materiais.						
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO n		S -3	
UNIDADE :		Filtro de Remoção de Na2SO3 .10 H2O		Pág.		1 de 1	
FILTROS							
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
2	CASO DE PROJETO			Tratamento da Reação 3			
3	SERVIÇO			Filtração de Na2SO3 . 10 H2O			
4	EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA			S-3			
5	Nº REQUERIDO OPERAÇÃO / RESERVA			1			
6	TIPO DE FILTRO			Prensa de Quadra e Placas			
7	OPERAÇÃO : PERMANENTE / TEMPORAL			Temporal			
DATOS GERAIS DE OPERAÇÃO							
9	NATUREZA DO FLUIDO			Compostos Orgânicos + Sal			
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS			Sim			
11	SÓLIDOS EN SUSPENSAO (quantidade / diámetro equivalente)			82,77			
12	TAMANHO MÍNIMO DE PART. A ELIMINAR			µm			
13	VAZÃO			kg/h			
14	PRESION DE OPERAÇÃO			kg/cm² g			
15	TEMPERATURA DE OPERAÇÃO			°C			
16	Densidade @ P, T			kg/m³			
17	Viscosidade @ P, T			cSt			
18	PERDA DE CARGA PERMITIDA			kg/cm²			
19	SOBREPROJETO HIDRÁULICO			%			
CONDIÇÕES DE FILTRAÇÃO							
21	CONTRALAVAGEM (smi / não)			Não			
22	FLUÍDO DE CONTRALAVAGEM						
23	P DISPONÍVEL FLUIDO CONTRALAVAGEM			kg/cm² g			
24	T DISPONÍVEL FLUIDO CONTRALAVAGEM			°C			
25	P DESTINO FLUIDO CONTRALAVAGEM			kg/cm² g			
26	T DESTINO FLUIDO CONTRALAVAGEM			°C			
CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO							
28	TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO			°C			
29	PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO			kg/cm² g			
30	STREAM IN			°C / kg/cm² g		25	
31	FLUSHING / STEAM OUT			°C / kg/cm² g		25	
32	NOTAS :						
33	Área de filtragem: 0,8731 m²						
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58	Para materiais ver a folha de seleção de materiais.						
Rev.		Por					
Data		Aprovado					

PROJETO :	Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			EQUIPAMENTO nº	P-1		
UNIDADE :	Bomba de Abastecimento do Reator 1 (Isobutilbenzeno)			Pág.	1	de	2
BOMBAS							
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2	CASO DE PROJETO			Etapa 1			
3	SERVIÇO			Abastecimento do Reator 1			
4	EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA			P-1			
5	NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA			1	1		
6	TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)			Rotativa			
7	FUNCIONAMENTO (contínuo / descontínuo ; série / paralelo)			Descontínuo			
8	CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO						
9	NATUREZA DO FLUIDO			Composto Orgânico			
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS			Não		Não	
11	SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)			-		-	
12	PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)		°C	-			
13	TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO		°C	427			
14	TEMPERATURA DE BOMBEIO		°C	25			
15	Densidade @ T BOMBEIO		kg/m³	849,5			
16	Viscosidade @ T BOMBEIO		cSt	0,8396			
17	PRESSÃO DE VAPOR @ T BOMBEIO		kg/cm² a	0,0057			
18	CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA						
19	VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)		m³/h	0,2290			
20	VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)		m³/h	0,1145			
21	VAZÃO NORMAL		m³/h	0,1908			
22	PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated		kg/cm² g	1,7467			
23	PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated		kg/cm² g	1,0330			
24	PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated		kg/cm²	0,7138			
25	ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)		m	1,8000			
26	NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)		m	3,0339			
27	MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)		kg/cm²	0,8565			
28	PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO		kg/cm² g	2,0659			
29	PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO		kg/cm² g	2,7797			
30	DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO		polegadas	2	2		
31	IMPULSOR / FECHAMENTO (5)						
32	TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)						
33	condições DE PROJETO MECÂNICO						
34	TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO		°C	80			
35	PRESSÃO PROJETO MECÂNICO		kg/cm² g	3,5			
36	CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO						
37	TIPO OPERAÇÃO / RESERVA						
38	CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO		kWh/h	3,7800	3,78		
39	CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO		Kg/h				
40	NOTAS :						
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº		P-1	
UNIDADE :		Bomba de Abastecimento do Isobutilbenzeno		Pág.		2 de 2	

FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS							
1 SERVIÇO / CASO : Abastecimento do Reator 1							
2 ESQUEMA DE FLUXO :							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16 NATUREZA DO FLUÍDO							
17 T de BOMBEO		°C		25		P. IMPULSÃO	
18 Viscosidade @T		cSt		0,8396		Circ. 1 Circ. 2 Circ. 3	
19 Densidade @T		kg/m³		849,5		kg/cm² g ó kg/cm² (ΔP)	
20						P. destino	
21 Capacidade		Q Nor		Q des		ΔP distribuidor	
22 VAZÃO mássico		kg/h		163,52 163,52		Altura estática	
23 VAZÃO volumétrico		m³/h		0,1908 0,1908		ΔP linha	
24						ΔP filtro	
25 P. ASPIRAÇÃO		Q Nor		Q des		ΔP	
26 P. recipiente		kg/cm² g				ΔP	
27 H (LT a center line)		kg/cm²				ΔP	
28 ΔP linha		kg/cm²				ΔP	
29 ΔP filtro		kg/cm²				ΔP placa	
30 ΔP otros		kg/cm²				ΔP Váv. Cont.	
31 P. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g				P. IMPULSÃO	
32							
33 NPSH des PONÍVEL		Q Nor		Q des		P. Diferencial @ Q des	
34 PRESSÃO ASPIRAÇÃO		kg/cm² a		1,0330		P. IMPULSÃO	
35 P. vapor @T		kg/cm² a		0,0057		kg/cm² g	
36 Diferença		kg/cm²		1,0273		P. ASPIRAÇÃO	
37 NPSH		m		3,0339		kg/cm² g	
38						Altura Diferencial	
39 Consumo estimado ACIONAMENTO		Q Nor		Q des		m	
40 H-P		CV				P. máx. ASPIRAÇÃO	
41 Eficiência bomba		%				P. Recipiente (1)	
42 B-P		CV				kg/cm² g	
43 Motor						H (H-L-Center line)	
44 Eficiência motor		%		50 50		P. máx. ASPIRAÇÃO	
45 Betricidade		kWh/h		7,5600 7,5600		kg/cm² g	
46 Turbina						P. máx. IMPULSÃO	
47 ΔH vapor isentrópica.		kJ/Kg				P. difer. máx. motor (2)	
48 Eficiência turbina		%				kg/cm² g	
49 Consumo vapor		kg/h				P. difer. máx. turbina (2)	
50 NOTAS :						P. máx. IMPULSÃO (3)	
51						kg/cm² g	
52						2,7797	
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.		Por					
Data		Aprovado					

PROJETO : Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº		P-2	
UNIDADE : Bomba de abastecimento do Reator 1 (Anidrido Acético)		Pág.	1	de	2
BOMBAS					
1 CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO					
2 CASO DE PROJETO		Etapa 1			
3 SERVIÇO		Abastecimento do Reator 1			
4 EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA		P-2			
5 NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA		1		1	
6 TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)		Rotativa			
7 FUNCIONAMENTO (contínuo / descontínuo ; série / paralelo)		Descontínuo			
8 CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO					
9 NATUREZA DO FLUIDO		Composto Orgânico			
10 COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS		Sim		Sim	
11 SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)		-		-	
12 PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)		°C		-	
13 TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO		°C		392	
14 TEMPERATURA DE BOMBEO		°C		25	
15 Densidade @T BOMBEO		kg/m³		1073	
16 Viscosidade @T BOMBEO		cSt		0,8625	
17 PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEO		kg/cm² a		0,0164	
18 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA					
19 VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)		m³/h	0,2650		
20 VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)		m³/h	0,1325		
21 VAZÃO NORMAL		m³/h	0,2208		
22 PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated		kg/cm² g	1,7467		
23 PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated		kg/cm² g	1,0330		
24 PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated		kg/cm²	0,7138		
25 ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)		m	1,8000		
26 NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)		m	2,7668		
27 MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)		kg/cm²	0,8565		
28 PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO		kg/cm² g	2,0659		
29 PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO		kg/cm² g	2,7797		
30 DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO		polegadas	2	2	
31 IMPULSOR / FECHAMENTO (5)					
32 TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)					
33 condições DE PROJETO MECÂNICO					
34 TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO		°C	80		
35 PRESSÃO PROJETO MECÂNICO		kg/cm² g	3,5		
36 CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO					
37 TIPO OPERAÇÃO / RESERVA					
38 CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO		kWh/h	5,53	5,53	
39 CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO		Kg/h			
40 NOTAS :					
41	(1)	O ponto de garantia deve ser para a vazão de projeto (rated) e a altura diferencial indicada.			
42	(2)	Vazão de processo em condições de "turn-dow n", posta em funcionamento ou outras operações. A l. de detalhe / vendedor deve especificar a vazão mínima requerida pela bomba e o sistema de proteção / recirculação em seu caso.			
43					
44	(3)	Na brida de aspiração da bomba. Exclui cargas de aceleração para bombas volumétricas alternativas. Exclui contingências / margem para todo tipo de bombas.			
45					
46	(4)	Este valor não pode ser excedido pela bomba com dens., viscos. normais e velocidade de OPERAÇÃO contínua máx.			
47	(5)	Especificar tipo / particularidades do impulsor / fechamento, se existem requerimentos de processo.			
48	(6)	Especificar TRACEJADO, ISOLAMENTO, flushing se existem requerimentos de processo.			
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58		Para materiais ver la folha de seleção de materiais.			
Rev.	Por				
Data	Aprovado				

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº		P-2	
UNIDADE :		Bomba de abastecimento do Reator 1 (Anidrido Acético)		Pág.		2 de 2	
FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS							
1 SERVIÇO / CASO :		Abastecimento do Reator 1					
2 ESQUEMA DE FLUXO :							
16 NATUREZA DO FLUÍDO		-				Q Nor	
17 T de BOMBEO		°C		25		Circ. 1	
18 Viscosidade @T		cSt		0,8625		Circ. 2	
19 Densidade @T		kg/m³		1073		Circ. 3	
20						Q Des.	
21 Capacidade		Q Nor		Q des		kg/cm² g ó kg/cm² (ΔP)	
22 VAZÃO mássico		kg/h		248		P. destino	
23 VAZÃO volumétrico		m³/h		0,2282		ΔP distribuidor	
24						Altura estática	
25 P. ASPIRAÇÃO		Q Nor		Q des		ΔP linha	
26 P. recipiente		kg/cm² g				ΔP filtro	
27 H (LT a center line)		kg/cm²				ΔP	
28 ΔP linha		kg/cm²				ΔP	
29 ΔP filtro		kg/cm²				ΔP placa	
30 ΔP outros		kg/cm²				ΔP Válv. Cont.	
31 P. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g				P. IMPULSÃO	
32							
33 NPSH desPONÍVEL		Q Nor		Q des		P. Diferencial @ Q des	
34 PRESSÃO ASPIRAÇÃO		kg/cm² a		1,0330		P. IMPULSÃO	
35 P. vapor @T		kg/cm² a		0,0164		kg/cm² g	
36 Diferença		kg/cm²		1,0166		P. ASPIRAÇÃO	
37 NPSH		m		2,7668		kg/cm²	
38						P. Diferencial	
39 Consumo estimado ACIONAMENTO		Q Nor		Q des		Altura Diferencial	
40 HHP		CV				m	
41 Eficiência bomba		%					
42 BHP		CV				P. máx. ASPIRAÇÃO	
43 Motor						kg/cm² g	
44 Eficiência motor		%		50		kg/cm²	
45 Etricidade		kWh/h		11,06		P. máx. ASPIRAÇÃO	
46 Turbina						kg/cm² g	
47 ΔH vapor isoentrópica.		kJ/Kg				P. máx. IMPULSÃO	
48 Eficiência turbina		%				P. difer. máx. motor (2)	
49 Consumo vapor		kg/h				P. difer. máx. turbina (2)	
50 NOTAS :		P. máx. IMPULSÃO (3)					
51 (1)		Especificar o set pressure da válvula de segurança do recipiente de aspiração					
52 (2)		Especificar n vezes a pressão diferencial @ Qdes, onde n = 1,2 // 1,2*1,1 para acionamento com motor // turbina.					
53 (3)		Será especificado : P max de aspiração + P diferencial máxima. Para bombas volumétricas o set pressure da válvula de segurança em impulsão será igual à pressão máxima de impulsão.					
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.		Por					
Data		Aprovado					

PROJETO :	Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			EQUIPAMENTO nº	P-3		
UNIDADE :	Saída do Reator 1			Pág.	1	de	2
BOMBAS							
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
1	CASO DE PROJETO			Etapa 1			
2	SERVIÇO			Abastecimento da Neutralização			
3	EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA			P-3			
4	NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA			1		1	
5	TIPO DE BOMBA (centrifuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)			Rotativa			
6	FUNCIONAMENTO (contínuo / descontinuo ; série / paralelo)			Descontínuo			
CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO							
7	NATUREZA DO FLUIDO			Composto Orgânico			
8	COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS			Sim		Sim	
9	SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)			-		-	
10	PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)			°C		-	
11	TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO			°C		-	
12	TEMPERATURA DE BOMBEIO			°C		80	
13	Densidade @T BOMBEIO			kg/m³		968,3	
14	Viscosidade @T BOMBEIO			cSt		0,8311	
15	PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO			kg/cm² a		0,0184	
CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA							
16	VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)			m³/h		0,4930	
17	VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)			m³/h		0,2465	
18	VAZÃO NORMAL			m³/h		0,4108	
19	PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated			kg/cm² g		1,0330	
20	PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated			kg/cm² g		0,2039	
21	PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated			kg/cm²		0,8290	
22	ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)			m		2,8000	
23	NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)			m		2,9955	
24	MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)			kg/cm²		0,9948	
25	PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO			kg/cm² g		0,4079	
26	PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO			kg/cm² g		1,2369	
27	DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO			polegadas		2 2	
28	IMPULSOR / FECHAMENTO (5)						
29	TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)						
condições DE PROJETO MECÂNICO							
30	TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO			°C		110	
31	PRESSÃO PROJETO MECÂNICO			kg/cm² g		3,5	
CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO							
32	TIPO OPERAÇÃO / RESERVA						
33	CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO			kWh/h		10,78 10,78	
34	CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO			Kg/h			
NOTAS :							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58	Para materiais ver a folha de seleção de materiais.						
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

PROJETO :	Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			EQUIPAMENTO nº	P-3		
UNIDADE :	Bomba de Abastecimento do Isobutilbenzeno			Pág.	2	de	2

FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS														
1	SERVIÇO / CASO :	Abastecimento da Neutralização												
2	ESQUEMA DE FLUXO :													
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16								NATUREZA DO FLUÍDO	-				Q Nor	Q Des.
17								T de BOMBEO	°C	80		P. IMPULSÃO	Circ. 1	Circ. 2
18	Viscosidade @T	cSt	0,8311			Circ. 3								
19	Densidade @T	kg/m³	968,3		kg/cm² g ó kg/cm² (ΔP)									
20					P. destino									
21	Capacidade		Q Nor	Q des	ΔP distribuidor									
22	VAZÃO mássico	kg/h	411,52	411,52	Altura estática									
23	VAZÃO volumétrico	m³/h	0,4108	0,4108	ΔP linha									
24					ΔP filtro									
25	P. ASPIRAÇÃO		Q Nor	Q des	ΔP									
26	P. recipiente	kg/cm² g			ΔP									
27	H (LT a center line)	kg/cm²			ΔP									
28	ΔP linha	kg/cm²			ΔP									
29	ΔP filtro	kg/cm²			ΔP placa									
30	ΔP otros	kg/cm²			ΔP Válv. Cont.									
31	P. ASPIRAÇÃO	kg/cm² g			P. IMPULSÃO									
32														
33	NPSH desPONÍVEL		Q Nor	Q des	P. Diferencial @ Q des		Q des							
34	PRESSÃO ASPIRAÇÃO	kg/cm² a		0,2039	P. IMPULSÃO		kg/cm² g							
35	P. vapor @T	kg/cm² a		0,0184	P. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g							
36	Diferença	kg/cm²		0,1855	P. Diferencial		kg/cm²							
37	NPSH	m		2,9955	Altura Diferencial		m							
38														
39	Consumo estimado ACIONAMENTO		Q Nor	Q des	P. máx. ASPIRAÇÃO									
40	HHP	CV			P. Recipiente (1)		kg/cm² g							
41	Eficiência bomba	%			H (H+L-Center line)		kg/cm²							
42	BHP	CV			P.máx. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g							
43	Motor				P. máx. IMPULSÃO									
44	Eficiência motor	%	50		P.difer. máx. motor (2)		kg/cm² g							
45	Eleticidade	kWh/h	21,56		P.difer. máx. turbina (2)		kg/cm² g							
46	Turbina				P.máx. IMPULSÃO (3)		kg/cm² g							
47	ΔH vapor isentrópica.	kJ/Kg												
48	Eficiência turbina	%												
49	Consumo vapor	kg/h												
50	NOTAS :													
51														
52														
53														
54														
55														
56														
57														
58														

Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO : Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº P-4	
UNIDADE : Saída da Neutralização		Pág. 1	de 2
BOMBAS			
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO			
1 CASO DE PROJETO		Etapa 1	
3 SERVIÇO		Abastecimento da Decantação 1	
4 EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA		P-4	
5 NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA		1	1
6 TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)		Rotativa	
7 FUNCIONAMENTO (contínuo / descontinuo ; série / paralelo)		Descontinuo	
CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO			
9 NATUREZA DO FLUIDO		Composto Orgânico	
10 COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS		Sim	Sim
11 SÓLIDOS EN SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)		-	-
12 PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)	°C	-	
13 TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO	°C	-	
14 TEMPERATURA DE BOMBEIO	°C	25	
15 Densidade @T BOMBEIO	kg/m³	1035	
16 Viscosidade @T BOMBEIO	cSt	1,3550	
17 PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO	kg/cm² a	0,1102	
CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA			
19 VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)	m³/h	1,7334	
20 VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)	m³/h	0,8667	
21 VAZÃO NORMAL	m³/h	1,4445	
22 PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated	kg/cm² g	1,3389	
23 PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated	kg/cm² g	1,0330	
24 PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated	kg/cm²	0,3059	
25 ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)	m	1,0000	
26 NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)	m	1,9097	
27 MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)	kg/cm²	0,3671	
28 PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO	kg/cm² g	2,0659	
29 PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO	kg/cm² g	2,3718	
30 DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO	polegadas	2	2
31 IMPULSOR / FECHAMENTO (5)			
32 TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)			
condições DE PROJETO MECÂNICO			
34 TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO	°C	80	
35 PRESSÃO PROJETO MECÂNICO	kg/cm² g	3,5	
CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO			
37 TIPO OPERAÇÃO / RESERVA			
38 CONSUMO ELÉTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	kWh/h	14,9500	14,95
39 CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	Kg/h		
40 NOTAS :			
41	(1) O ponto de garantia deve ser para a vazão de projeto (rated) e a altura diferencial indicada.		
42	(2) Vazão de processo em condições de "turn-dow n", posta em funcionamento ou outras operações. A l. de detalhe / vendedor deve especificar a vazão mínima requerida pela bomba e o sistema de		
43	proteção / recirculação em seu caso.		
44	(3) Na brida de aspiração da bomba. Exclui cargas de aceleração para bombas volumétricas alternativas. Exclui contingências / margem para todo tipo de bombas.		
45			
46	(4) Este valor não pode ser excedido pela bomba com dens., viscos. normais e velocidade de OPERAÇÃO contínua máx.		
47	(5) Especificar tipo / particularidades do impulsor / fechamento, se existem requerimentos de processo.		
48	(6) Especificar TRACEJADO, ISOLAMENTO, flushing se existem requerimentos de processo.		
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58	Para materiais ver la folha de seleção de materiais.		
Rev.	Por		
Data	Aprovado		

PROJETO : Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde				EQUIPAMENTO nº P-4			
UNIDADE : Saída da Neutralização				Pág. 2 de 2			
FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS							
1 SERVIÇO / CASO : Abastecimento da Decantação 1							
2 ESQUEMA DE FLUXO :							
16 NATUREZA DO FLUÍDO							
17 T de BOMBEO		°C	25	P. IMPULSÃO			
18 Viscosidade @T		cSt	1,3550	Circ. 1 Circ. 2 Circ. 3 Q Nor Q Des.			
19 Densidade @T		kg/m³	1035	kg/cm² g ó kg/cm² (ΔP)			
20				P. destino			
21 Capacidade				Q Nor	Q des	ΔP distribuidor	
22 VAZÃO mássico		kg/h	1480	1480	Altura estática		
23 VAZÃO volumétrico		m³/h	1,4445	1,4445	ΔP linha		
24				ΔP filtro			
25 P. ASPIRAÇÃO				Q Nor	Q des	ΔP	
26 P. recipiente		kg/cm² g			ΔP		
27 H (LT a center line)		kg/cm²			ΔP		
28 ΔP linha		kg/cm²			ΔP		
29 ΔP filtro		kg/cm²			ΔP placa		
30 ΔP outros		kg/cm²			ΔP Válv. Cont.		
31 P. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g			P. IMPULSÃO		
32				P. diferencial @ Q des			
33 NPSH des PONÍVEL				Q Nor	Q des	Q des	
34 PRESSÃO ASPIRAÇÃO		kg/cm² a		1,0330	P. IMPULSÃO		
35 P. vapor @T		kg/cm² a		0,1102	kg/cm² g		
36 Diferença		kg/cm²		0,9228	P. ASPIRAÇÃO		
37 NPSH		m		1,9097	kg/cm²		
38						Altura Diferencial	
39 Consumo estimado ACIONAMENTO				Q Nor	Q des	P. máx. ASPIRAÇÃO	
40 HHP		CV			P. Recipiente (1)		
41 Eficiência bomba		%			kg/cm² g		
42 BHP		CV			H (HHL-Center line)		
43 Motor					P.máx. ASPIRAÇÃO		
44 Eficiência motor		%	50		kg/cm² g		
45 Etricidade		kWh/h	29,9000		P. máx. IMPULSÃO		
46 Turbina					P.difer. máx. motor (2)		
47 ΔH vapor isentrópica.		kJ/Kg			kg/cm² g		
48 Eficiência turbina		%			P.difer. máx. turbina (2)		
49 Consumo vapor		kg/h			kg/cm² g		
50 NOTAS :							
51 (1) Especificar o set pressure da válvula de segurança do recipiente de aspiração							
52 (2) Especificar n vezes a pressão diferencial @ Qdes, onde n = 1,2 // 1,2*1,1 para acionamento com motor // turbina.							
53 (3) Será especificado : P max de aspiração + P diferencial máxima. Para bombas volumétricas o set pressure da válvula de segurança em impulsão será igual à pressão máxima de impulsão.							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO :	Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			EQUIPAMENTO nº	P-5	
UNIDADE :	Saída do Decantador 1			Pág.	1	de 2
BOMBAS						
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2	CASO DE PROJETO			Etapas 1		
3	SERVIÇO			Abastecimento da Secagem 1		
4	EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA			P-5		
5	NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA			1	1	
6	TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)			Rotativa		
7	FUNIONAMENTO (contínuo / descontinuo ; série / paralelo)			Descontinuo		
CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO						
9	NATUREZA DO FLUIDO			Composto Orgânico		
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS			Sim	Sim	
11	SÓLIDOS EN SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)			-	-	
12	PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)	°C		-		
13	TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO	°C		-		
14	TEMPERATURA DE BOMBEIO	°C		25		
15	Densidade @T BOMBEIO	kg/m³		999		
16	Viscosidade @T BOMBEIO	cSt		1,59		
17	PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO	kg/cm² a		0,0874		
CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA						
19	VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)	m³/h		0,5845		
20	VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)	m³/h		0,2923		
21	VAZÃO NORMAL	m³/h		0,4871		
22	PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated	kg/cm² g		1,3389		
23	PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated	kg/cm² g		1,0330		
24	PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated	kg/cm²		0,3059		
25	ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)	m		2,0000		
26	NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)	m		2,9658		
27	MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)	kg/cm²		0,3671		
28	PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO	kg/cm² g		2,0659		
29	PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO	kg/cm² g		2,3718		
30	DIÂMETRO TUBULAÇÃO A SPIRAÇÃO / IMPULSÃO	polegadas		2	2	
31	IMPULSOR / FECHAMENTO (5)					
32	TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)					
condições DE PROJETO MECÂNICO						
34	TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO	°C		80		
35	PRESSÃO PROJETO MECÂNICO	kg/cm² g		3,5		
CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO						
37	TIPO OPERAÇÃO / RESERVA					
38	CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	kWh/h		4,86	4,86	
39	CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	Kg/h				
40	NOTAS :					
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58	Para materiais ver la folha de seleção de materiais.					
Rev.	Por					
Data	Aprovado					

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº		P-5	
UNIDADE :		Saída do Decantador 1		Pág.		2 de 2	

FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS							
1 SERVIÇO / CASO : Abastecimento da Secagem 1							
2 ESQUEMA DE FLUXO :							
16 NATUREZA DO FLUÍDO							
17 T de BOMBEIO		°C		25		P. IMPULSÃO	
18 Viscosidade @T		cSt		1,59		Circ. 1 Circ. 2 Circ. 3	
19 Densidade @T		kg/m³		999		Q Nor	
20						Q Des.	
21 Capacidade		Q Nor		Q des		kg/cm² g ó kg/cm² (ΔP)	
22 VAZÃO mássico		kg/h		481,2		P. destino	
23 VAZÃO volumétrico		m³/h		0,4871		ΔP distribuidor	
24						Altura estática	
25 P. ASPIRAÇÃO		Q Nor		Q des		ΔP linha	
26 P. recipiente		kg/cm² g				ΔP filtro	
27 H (LT a center line)		kg/cm²				ΔP	
28 ΔP linha		kg/cm²				ΔP	
29 ΔP filtro		kg/cm²				ΔP placa	
30 ΔP otros		kg/cm²				ΔP Váv. Cont.	
31 P. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g				P. IMPULSÃO	
32							
33 NPSH desPONÍVEL		Q Nor		Q des		P. Diferencial @ Q des	
34 PRESSÃO ASPIRAÇÃO		kg/cm² a		1,0330		P. IMPULSÃO	
35 P. vapor @T		kg/cm² a		0,0874		kg/cm² g	
36 Diferença		kg/cm²		0,9456		P. ASPIRAÇÃO	
37 NPSHA		m		2,9658		kg/cm² g	
38						Altura Diferencial	
39 Consumo estimado ACIONAMENTO		Q Nor		Q des		m	
40 H-P		CV				P. máx. ASPIRAÇÃO	
41 Eficiência bomba		%				P. Recipiente (1)	
42 B-P		CV				kg/cm² g	
43 Motor						H (H-L-Center line)	
44 Eficiência motor		%		50		P. máx. ASPIRAÇÃO	
45 Betricidade		kWh/h		9,72		kg/cm² g	
46 Turbina						P. máx. IMPULSÃO	
47 ΔH vapor isentrópica.		kJ/Kg				P. difer. máx. motor (2)	
48 Eficiência turbina		%				kg/cm² g	
49 Consumo vapor		kg/h				P. difer. máx. turbina (2)	
50						P. máx. IMPULSÃO (3)	
51						kg/cm² g	
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.		Por					
Data		Aprovado					

PROJETO : Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº P-6	
UNIDADE : Saída da Secagem 1		Pág. 1 de 2	
BOMBAS			
1 CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO			
2 CASO DE PROJETO		Etapa 1	
3 SERVIÇO		Abastecimento do Filtro 1	
4 EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA		P-6	
5 NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA		1	1
6 TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)		Rotativa	
7 FUNCIONAMENTO (contínuo / descontinuo ; série / paralelo)		Descontinuo	
8 CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO			
9 NATUREZA DO FLUIDO		Composto Orgânico	
10 COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS		Sim	Sim
11 SÓLIDOS EN SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)		192 kg	
12 PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)	°C	-	
13 TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO	°C	-	
14 TEMPERATURA DE BOMBEIO	°C	25	
15 Densidade @T BOMBEIO	kg/m³	1002	
16 Viscosidade @T BOMBEIO	cSt	1,7950	
17 PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO	kg/cm² a	0,0369	
18 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA			
19 VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)	m³/h	0,7031	
20 VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)	m³/h	0,3515	
21 VAZÃO NORMAL	m³/h	0,5859	
22 PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated	kg/cm² g	1,7467	
23 PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated	kg/cm² g	1,0330	
24 PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated	kg/cm²	0,7138	
25 ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)	m	1,0000	
26 NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)	m	2,0144	
27 MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)	kg/cm²	0,8565	
28 PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO	kg/cm² g	2,0659	
29 PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO	kg/cm² g	2,7797	
30 DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO	polegadas	2	2
31 IMPULSOR / FECHAMENTO (5)			
32 TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)			
33 condições DE PROJETO MECÂNICO			
34 TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO	°C	80	
35 PRESSÃO PROJETO MECÂNICO	kg/cm² g	3,5	
36 CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO			
37 TIPO OPERAÇÃO / RESERVA			
38 CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	kWh/h	13,6800	13,68
39 CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	Kg/h		
40 NOTAS :			
41	(1) O ponto de garantia deve ser para a vazão de projeto (rated) e a altura diferencial indicada.		
42	(2) Vazão de processo em condições de "turn-dow n", posta em funcionamento ou outras operações. A l. de detalhe / vendedor deve especificar a vazão mínima requerida pela bomba e o sistema de proteção / recirculação em seu caso.		
43	(3) Na brida de aspiração da bomba. Exclui cargas de aceleração para bombas volumétricas alternativas. Exclui contingências / margem para todo tipo de bombas.		
44	(4) Este valor não pode ser excedido pela bomba com dens., viscos. normais e velocidade de OPERAÇÃO contínua máx.		
45	(5) Especificar tipo / particularidades do impulsor / fechamento, se existem requerimentos de processo.		
46	(6) Especificar TRACEJADO, ISOLAMENTO, flushing se existem requerimentos de processo.		
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58	Para materiais ver la folha de seleção de materiais.		
Rev.	Por		
Data	Aprovado		

PROJETO : Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº P-6	
UNIDADE : Saída da Secagem 1		Pág. 2 de 2	

FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS				
1 SERVIÇO / CASO : Abastecimento do Filtro 1				
2 ESQUEMA DE FLUXO :				
16 NATUREZA DO FLUÍDO		-		
17 T de BOMBEO	°C	25		
18 Viscosidade @T	cSt	1,7950		
19 Densidade @T	kg/m³	1002		
21 Capacidade		Q Nor	Q des	
22 VAZÃO mássico	kg/h	577	577	
23 VAZÃO volumétrico	m³/h	0,5859	0,5859	
25 P. ASPIRAÇÃO		Q Nor	Q des	
26 P. recipiente	kg/cm² g			
27 H (LT a center line)	kg/cm²			
28 ΔP linha	kg/cm²			
29 ΔP filtro	kg/cm²			
30 ΔP outros	kg/cm²			
31 P. ASPIRAÇÃO	kg/cm² g			
33 NPSH desPONÍVEL		Q Nor	Q des	
34 PRESSÃO ASPIRAÇÃO	kg/cm² a		1,0330	
35 P. vapor @T	kg/cm² a		0,0369	
36 Diferença	kg/cm²		0,9961	
37 NPSH	m		2,0144	
39 Consumo estimado ACIONAMENTO		Q Nor	Q des	
40 HHP	CV			
41 Eficiência bomba	%			
42 BHP	CV			
43 Motor				
44 Eficiência motor	%		50	
45 Etricidade	kWh/h		27,3600	
46 Turbina				
47 ΔH vapor isoentrópica.	kJ/Kg			
48 Eficiência turbina	%			
49 Consumo vapor	kg/h			
50 NOTAS :				
51	(1)	Especificar o set pressure da válvula de segurança do recipiente de aspiração		
52	(2)	Especificar n vezes a pressão diferencial @ Qdes, onde n = 1,2 // 1,2*1,1 para acionamento com motor // turbina.		
53	(3)	Será especificado : P max de aspiração + P diferencial máxima. Para bombas volumétricas o set pressure da válvula de segurança em impulsão será igual à pressão máxima de impulsão.		
54				
55				
56				
57				
58				

Rev.	Por						
Data	Aprovado						

P. IMPULSÃO	Q Nor			Q Des.
	Circ. 1	Circ. 2	Circ. 3	
	kg/cm² g ó kg/cm² (ΔP)			
P. destino				
ΔP distribuidor				
Altura estática				
ΔP linha				
ΔP filtro				
ΔP				
ΔP				
ΔP				
ΔP				
ΔP placa				
ΔP Válv. Cont.				
P. IMPULSÃO				

P. Diferencial @ Q des		Q des
P. IMPULSÃO	kg/cm² g	1,7467
P. ASPIRAÇÃO	kg/cm² g	1,0330
P. Diferencial	kg/cm²	0,7138
Altura Diferencial	m	1,0000

P. máx. ASPIRAÇÃO		
P. Recipiente (1)	kg/cm² g	
H (HHL-Center line)	kg/cm²	
P.máx. ASPIRAÇÃO	kg/cm² g	
P. máx. IMPULSÃO		
P.difer. máx. motor (2)	kg/cm² g	
P.difer. máx. turbina (2)	kg/cm² g	
P.máx. IMPULSÃO (3)	kg/cm² g	

PROJETO : Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº P-7	
UNIDADE : Saída do Pulmão 1		Pág. 1 de 2	
BOMBAS			
1 CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO			
2 CASO DE PROJETO		Etapa 1	
3 SERVIÇO		Abastecimento da Destilação 1	
4 EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA		P-7	
5 NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA		1	1
6 TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)		Rotativa	
7 FUNCIONAMENTO (contínuo / descontinuo ; série / paralelo)		Descontinuo	
8 CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO			
9 NATUREZA DO FLUIDO		Composto Orgânico	
10 COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS		Sim	Sim
11 SÓLIDOS EN SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)		-	-
12 PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)	°C	-	
13 TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO	°C	-	
14 TEMPERATURA DE BOMBEIO	°C	25	
15 Densidade @T BOMBEIO	kg/m³	1002	
16 Viscosidade @T BOMBEIO	cSt	1,7950	
17 PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO	kg/cm² a	0,0369	
18 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA			
19 VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)	m³/h	0,4348	
20 VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)	m³/h	0,2174	
21 VAZÃO NORMAL	m³/h	0,3623	
22 PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated	kg/cm² g	1,9670	
23 PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated	kg/cm² g	1,0330	
24 PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated	kg/cm²	0,9340	
25 ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)	m	5,0700	
26 NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)	m	6,0844	
27 MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)	kg/cm²	1,1209	
28 PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO	kg/cm² g	2,0659	
29 PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO	kg/cm² g	3,0000	
30 DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO	polegadas	2	2
31 IMPULSOR / FECHAMENTO (5)			
32 TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)			
33 condições DE PROJETO MECÂNICO			
34 TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO	°C	80	
35 PRESSÃO PROJETO MECÂNICO	kg/cm² g	3,5	
36 CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO			
37 TIPO OPERAÇÃO / RESERVA			
38 CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	kWh/h	11,0800	11,08
39 CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	Kg/h		
40 NOTAS :			
41	(1) O ponto de garantia deve ser para a vazão de projeto (rated) e a altura diferencial indicada.		
42	(2) Vazão de processo em condições de "turn-dow n", posta em funcionamento ou outras operações. A l. de detalhe / vendedor deve especificar a vazão mínima requerida pela bomba e o sistema de		
43	proteção / recirculação em seu caso.		
44	(3) Na brida de aspiração da bomba. Exclui cargas de aceleração para bombas volumétricas alternativas. Exclui contingências / margem para todo tipo de bombas.		
45			
46	(4) Este valor não pode ser excedido pela bomba com dens., viscos. normais e velocidade de OPERAÇÃO contínua máx.		
47	(5) Especificar tipo / particularidades do impulsor / fechamento, se existem requerimentos de processo.		
48	(6) Especificar TRACEJADO, ISOLAMENTO, flushing se existem requerimentos de processo.		
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58	Para materiais ver la folha de seleção de materiais.		
Rev.	Por		
Data	Aprovado		

PROJETO : Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde				EQUIPAMENTO nº P-7			
UNIDADE : Saída do Pulmão 1				Pág. 2 de 2			
FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS							
1 SERVIÇO / CASO : Abastecimento da Destilação 1							
2 ESQUEMA DE FLUXO :							
16 NATUREZA DO FLUÍDO		-			Q Nor		Q Des.
17 T de BOMBEO		°C	25		Circ. 1		Circ. 2
18 Viscosidade @T		cSt	1,795		Circ. 3		
19 Densidade @T		kg/m³	1002		kg/cm² g ó kg/cm² (ΔP)		
20							
21 Capacidade			Q Nor	Q des			
22 VAZÃO mássico		kg/h	357	357			
23 VAZÃO volumétrico		m³/h	0,3623	0,3623			
24							
25 P. ASPIRAÇÃO			Q Nor	Q des			
26 P. recipiente		kg/cm² g					
27 H (LT a center line)		kg/cm²					
28 ΔP linha		kg/cm²					
29 ΔP filtro		kg/cm²					
30 ΔP outros		kg/cm²					
31 P. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g					
32							
33 NPSH desPONÍVEL			Q Nor	Q des			
34 PRESSÃO ASPIRAÇÃO		kg/cm² a		1,0330			
35 P. vapor @T		kg/cm² a		0,0369			
36 Diferença		kg/cm²		0,9961			
37 NPSH		m		6,0844			
38							
39 Consumo estimado ACIONAMENTO			Q Nor	Q des			
40 HHP		CV					
41 Eficiência bomba		%					
42 BHP		CV					
43 Motor							
44 Eficiência motor		%		50			
45 Etricidade		kWh/h		22,1600			
46 Turbina							
47 ΔH vapor isoentrópica.		kJ/Kg					
48 Eficiência turbina		%					
49 Consumo vapor		kg/h					
50 NOTAS :							
51 (1)		Especificar o set pressure da válvula de segurança do recipiente de aspiração					
52 (2)		Especificar n vezes a pressão diferencial @ Qdes, onde n = 1,2 // 1,2*1,1 para acionamento com motor // turbina.					
53 (3)		Será especificado : P max de aspiração + P diferencial máxima. Para bombas volumétricas o set pressure da válvula de segurança em impulsão será igual à pressão máxima de impulsão.					
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.		Por					
Data		Aprovado					

PROJETO :		Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde		EQUIPAMENTO n		P-8	
UNIDADE :		BOMBA DE REFLUXO		Pág.	1	de	2
BOMBAS							
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
2 CASO DE PROJETO				BOMBA REFLUXO			
3 SERVIÇO				REFLUXO			
4 EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA							
5 NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA				1		1	
6 TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)				ROTATIVA			
7 FUNCIONAMENTO (contínuo / descontinuo ; série / paralelo)				DESCONTINUO/PARALELO			
CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO							
9 NATUREZA DO FLUIDO				MISTURA ORGÂNICA			
10 COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS				ANID. ACÉTICO			
11 SÓLIDOS EN SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)				NÃO		NÃO	
12 PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)				°C			
13 TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO				°C		-	
14 TEMPERATURA DE BOMBEIO				°C		135,4	
15 Densidade @T BOMBEIO				kg/m³		891,5	
16 Viscosidade @T BOMBEIO				cSt		0,95654	
17 PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO				kg/cm² a		0,072642857	
CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA							
19 VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)				m³/h		0,276	
20 VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)				m³/h		0,138	
21 VAZÃO NORMAL				m³/h		196,66	
22 PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated				kg/cm² g		3,077	
23 PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated				kg/cm² g		1,475	
24 PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated				kg/cm²		1,6	
25 ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)				m		17,6	
26 NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)				m		1,57303E-05	
27 MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)				kg/cm²		1,77	
28 PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO				kg/cm² g		3,275	
29 PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO				kg/cm² g		5,05	
30 DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO				polegadas		2 2	
31 IMPULSOR / FECHAMENTO (5)						-	
32 TRAJEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)						-	
condições DE PROJETO MECÂNICO							
34 TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO				°C		165,3	
35 PRESSÃO PROJETO MECÂNICO				kg/cm² g		3,68	
CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO							
37 TIPO OPERAÇÃO / RESERVA							
38 CONSUMO ELÉTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO				kWh/h		8,11 8,11	
39 CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO				Kg/h			
40 NOTAS :							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58	Para materiais ver la folha de seleção de materiais.						
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

PROJETO :		Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde			EQUIPAMENTO nº		P-8	
UNIDADE :		BOMBA DE REFLUXO			Pág.		2 de 2	
FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS								
1 SERVIÇO / CASO :		BOMBA REFLUXO COLUNA C-9						
2 ESQUEMA DE FLUXO :								
16 NATUREZA DO FLUÍDO		-	MISTURA ORGÂNICA					
17 T de BOMBEIO		°C	135,4		P. IMPULSÃO		Circ. 1	Circ. 2
18 Viscosidade @T		cSt	0,9654		kg/cm² g ó kg/cm² (DP)			
19 Densidade @T		kg/m³	891,5		P. destino			
20					DP distribuidor			1,89
21 Capacidade			Q Nor	Q des	Altura estática			
22 VAZÃO mássico		kg/h	196,664167	235,997	DP linha			0,3
23 VAZÃO volumétrico		m³/h	0,23	0,276	DP filtro			
24					DP			
25 P. ASPIRAÇÃO			Q Nor	Q des	DP			
26 P. recipiente		kg/cm² g	1,468	1,468	DP			
27 H (LT a center line)		kg/cm²			DP			
28 DP linha		kg/cm²	0,07	0,07	DP			
29 DP filtro		kg/cm²			DP placa			
30 DP otros		kg/cm²			DP Válv. Cont.			0,7
31 P. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g	1,475	1,475	P. IMPULSÃO			3,077
32								
33 NPSH desPONÍVEL			Q Nor	Q des	P. Diferencial @ Q des			Q des
34 PRESSÃO ASPIRAÇÃO		kg/cm² a		1,475	P. IMPULSÃO		kg/cm² g	3,077
35 P. vapor @T		kg/cm² a		0,0726	P. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g	1,475
36 Diferença		kg/cm²		1,4024	P. Diferencial		kg/cm²	1,6
37 NPSHA		m		1,57E-05	Altura Diferencial		m	17,6
38								
39 Consumo estimado ACIONAMENTO			Q Nor	Q des	P. máx. ASPIRAÇÃO			
40 HHP		CV			P. Recipiente (1)		kg/cm² g	1,475
41 Eficiência bomba		%			H (HHL-Center line)		kg/cm²	
42 BHP		CV		0,3	P máx. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g	3,275
43 Motor					P. máx. IMPULSÃO			
44 Eficiência motor		%		0,85	P difer. máx. motor (2)		kg/cm² g	1,77
45 Eletricidade		kWh/h		8,11	P difer. máx. turbina (2)		kg/cm² g	
46 Turbina					P máx. IMPULSÃO (3)		kg/cm² g	5,05
47 DH vapor isoentrópica.		kJ/Kg						
48 Eficiência turbina		%						
49 Consumo vapor		kg/h						
50 NOTAS :								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
Rev.		Por						
Data		Aprovado						

PROJETO :	Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			EQUIPAMENTO nº	P - 9	
UNIDADE:	Saída do Pulmão 2			Pág.	1	de 2
BOMBAS						
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2 CASO DE PROJETO				Etapa 1		
3 SERVIÇO				Abastecimento da Destilação 2		
4 EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA				P-9		
5 NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA				1	1	
6 TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)				Rotativa		
7 FUNCIONAMENTO (contínuo / descontinuo ; série / paralelo)				Descontinuo		
CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO						
9 NATUREZA DO FLUIDO				Composto Orgânico		
10 COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS				Sim	Sim	
11 SÓLIDOS EN SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)				-	-	
12 PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)	°C			-		
13 TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO	°C			-		
14 TEMPERATURA DE BOMBEIO	°C			251,9		
15 Densidade @T BOMBEIO	kg/m³			752,5		
16 Viscosidade @T BOMBEIO	cSt			0,2164		
17 PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO	kg/cm² a			0,0017		
CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA						
19 VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)	m³/h			0,2646		
20 VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)	m³/h			0,1323		
21 VAZÃO NORMAL	m³/h			0,2205		
22 PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated	kg/cm² g			2,1954		
23 PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated	kg/cm² g			1,8895		
24 PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated	kg/cm²			0,3059		
25 ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)	m			2,3100		
26 NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)	m			4,8699		
27 MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)	kg/cm²			0,3671		
28 PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO	kg/cm² g			3,7790		
29 PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO	kg/cm² g			4,0849		
30 DIÂMETRO TUBULAÇÃO A SPIRAÇÃO / IMPULSÃO	polegadas			2	2	
31 IMPULSOR / FECHAMENTO (5)						
32 TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)						
condições DE PROJETO MECÂNICO						
34 TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO	°C			282		
35 PRESSÃO PROJETO MECÂNICO	kg/cm² g			3,5		
CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO						
37 TIPO OPERAÇÃO / RESERVA						
38 CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	kWh/h			1,6600	1,66	
39 CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	Kg/h					
40 NOTAS :						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58	Para materiais ver la folha de seleção de materiais.					
Rev.	Por					
Data	Aprovado					

PROJETO :	Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			EQUIPAMENTO nº	P - 9		
UNIDADE :	Saída do Pulmão 2			Pág.	2	de	2

FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS							
1 SERVIÇO / CASO : Abastecimento da Destilação 2							
2 ESQUEMA DE FLUXO :							
16 NATUREZA DO FLUÍDO							
17 T de BOMBEIO	°C	251,9		P. IMPULSÃO	Circ. 1	Circ. 2	Circ. 3
18 Viscosidade @T	cSt	0,2164			kg/cm² g ó kg/cm² (ΔP)		
19 Densidade @T	kg/m³	752,5		P. destino			
20				ΔP distribuidor			
21 Capacidade		Q Nor	Q des	Altura estática			
22 VAZÃO mássico	kg/h	207,48	207,48	ΔP linha			
23 VAZÃO volumétrico	m³/h	0,2205	0,2205	ΔP filtro			
24				ΔP			
25 P. ASPIRAÇÃO		Q Nor	Q des	ΔP			
26 P. recipiente	kg/cm² g			ΔP			
27 H (LT a center line)	kg/cm²			ΔP			
28 ΔP linha	kg/cm²			ΔP			
29 ΔP filtro	kg/cm²			ΔP placa			
30 ΔP otros	kg/cm²			ΔP Válv. Cont.			
31 P. ASPIRAÇÃO	kg/cm² g			P. IMPULSÃO			
32							
33 NPSH desPONÍVEL		Q Nor	Q des	P. Diferencial @ Q des			Q des
34 PRESSÃO ASPIRAÇÃO	kg/cm² a		1,8895	P. IMPULSÃO		kg/cm² g	2,1954
35 P. vapor @T	kg/cm² a		0,0017	P. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g	1,8895
36 Diferença	kg/cm²		1,8878	P. Diferencial		kg/cm²	0,3059
37 NPSHA	m		4,8699	Altura Diferencial		m	2,3100
38							
39 Consumo estimado ACIONAMENTO		Q Nor	Q des	P. máx. ASPIRAÇÃO			
40 H-P	CV			P. Recipiente (1)		kg/cm² g	
41 Eficiência bomba	%			H (H-L-Center line)		kg/cm²	
42 B-P	CV			P máx. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g	3,7790
43 Motor				P. máx. IMPULSÃO			
44 Eficiência motor	%	50		P difer. máx. motor (2)		kg/cm² g	
45 Betricidade	kWh/h	3,3200		P difer. máx. turbina (2)		kg/cm² g	
46 Turbina				P máx. IMPULSÃO (3)		kg/cm² g	4,0849
47 ΔH vapor isentrópica.	kJ/Kg						
48 Eficiência turbina	%						
49 Consumo vapor	kg/h						
50 NOTAS :							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO:	Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde			EQUIPAMENTO n	P-10		
UNIDADE:	Bomba de refluxo da segunda coluna			Pág.	1	de	2
BOMBAS							
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
1	CASO DE PROJETO			Produção ibuprofeno			
2	SERVIÇO			Refluxo			
3	EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA			P - 10 (A/B)			
4	NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA			1	1		
5	TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)			Rotativa			
6	FUNCIONAMENTO (contínuo / descontínuo ; série / paralelo)			Descontínuo/Paralelo			
CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO							
7	NATUREZA DO FLUIDO			Mistura orgânica			
8	COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS			Anid. Acético	Anid. Acético		
9	SÓLIDOS EN SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)			Não	Não		
10	PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)	°C	-				
11	TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO	°C	-				
12	TEMPERATURA DE BOMBEIO	°C	158,5				
13	Densidade @T BOMBEIO	kg/m³	761,9				
14	Viscosidade @T BOMBEIO	cSt	0,3175				
15	PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO	kg/cm² a	2,759300067				
CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA							
16	VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)	m³/h	✓	0,005058849			
17	VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)	m³/h	✓	0,002529425			
18	VAZÃO NORMAL	m³/h	✓	0,004215708			
19	PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated	kg/cm² g	✓	7,426350157			
20	PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated	kg/cm² g	✓	6,0592965			
21	PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated	kg/cm²	✓	1,367053657			
22	ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)	m	✓	17,91829883			
23	NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)	m	✓	2,3			
24	MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)	kg/cm²	✓	1,640464389			
25	PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO	kg/cm² g	✓	7,8592965			
26	PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO	kg/cm² g	✓	9,499760889			
27	DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO	polegadas	2	2			
28	IMPULSOR / FECHAMENTO (5)			-			
29	TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)			-			
condições DE PROJETO MECÂNICO							
30	TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO	°C	210				
31	PRESSÃO PROJETO MECÂNICO	kg/cm² g	3,5				
CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO							
32	TIPO OPERAÇÃO / RESERVA						
33	CONSUMO ELÉTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	kWh/h	0,133	0,133			
34	CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	Kg/h	-	-			
35	NOTAS :						
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO:	Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				EQUIPAMENTO nº	P-10	
UNIDADE:	Bomba de refluxo da segunda coluna				Pág.	2	de 2

FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS														
1	SERVIÇO / CASO :	Refluxo												
2	ESQUEMA DE FLUXO :													
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16								NATUREZA DO FLUÍDO	-	Mistura orgânica				
17								T de BOMBEIO	°C	158,5		P. IMPULSÃO		
18	Viscosidade @T	cSt	0,3175		Circ. 1 Circ. 2 Circ. 3									
19	Densidade @T	kg/m³	761,9		kg/cm² g ó kg/cm² (ΔP)									
20					P. destino	1,2	-							
21	Capacidade		Q Nor	Q des	ΔP distribuidor	-	-							
22	VAZÃO mássico	kg/h	3,21194755	3,85433706	Altura estática	1	-							
23	VAZÃO volumétrico	m³/h	0,00421571	0,00505885	ΔP linha	0,3	-							
24					ΔP filtro	0	-							
25	P. ASPIRAÇÃO		Q Nor	Q des	ΔP	-	-							
26	P. recipiente	kg/cm² g	3,5	3,5	ΔP	-	-							
27	H (LT a center line)	kg/cm²	-	-	ΔP	-	-							
28	ΔP linha	kg/cm²	0,07	0,07	ΔP	-	-							
29	ΔP filtro	kg/cm²	-	-	ΔP placa	-	-							
30	ΔP otros	kg/cm²	-	-	ΔP Válv. Cont.	0,7	-							
31	P. ASPIRAÇÃO	kg/cm² g	5,80000306	5,80000306	P. IMPULSÃO	7,426	-							
32														
33	NPSH DISPONÍVEL		Q Nor	Q des	P. Diferencial @ Q des									
34	PRESSÃO ASPIRAÇÃO	kg/cm² a		7,86	P. IMPULSÃO		kg/cm² g							
35	P. vapor @T	kg/cm² a		2,75930007	P. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g							
36	Diferença	kg/cm²		5,10069993	P. Diferencial		kg/cm²							
37	NPSHA	m		2,3	Altura Diferencial		m							
38														
39	Consumo estimado ACIONAMENTO		Q Nor	Q des	P. máx. ASPIRAÇÃO									
40	HHP	CV	-	1,626	P. Recipiente (1)		kg/cm² g							
41	Eficiência bomba	%	-	0,3	H (HHL-Center line)		kg/cm²							
42	BHP	CV	-	-	P máx. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g							
43	Motor				P. máx. IMPULSÃO									
44	Eficiência motor	%	-	0,85	P difer. máx. motor (2)		kg/cm² g							
45	Eleticidade	kWh/h	-	0,133	P difer. máx. turbina (2)		kg/cm² g							
46	Turbina				P máx. IMPULSÃO (3)		kg/cm² g							
47	ΔH vapor isentrópica.	kJ/Kg	-	-										
48	Eficiência turbina	%	-	-										
49	Consumo vapor	kg/h	-	-										
50	NOTAS :													
51														
52														
53														
54														
55														
56														
57														
58														

Rev.	Por					
Data	Aprovado					

PROJETO : Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº P-11	
UNIDADE : Saída do Reator 2		Pág. 1	de 2

BOMBAS			
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO			
2 CASO DE PROJETO		Etapa 2	
3 SERVIÇO		Abastecimento do Filtro 2	
4 EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA		P-11	
5 NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA		1	1
6 TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)		Rotativa	
7 FUNCIONAMENTO (contínuo / descontinuo ; série / paralelo)		Descontinuo	
CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO			
9 NATUREZA DO FLUIDO		Composto Orgânico	
10 COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS		Não	Não
11 SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)		4,4 kg	
12 PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)		°C	
13 TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO		°C	
14 TEMPERATURA DE BOMBEIO		°C	
15 Densidade @T BOMBEIO		kg/m³	
16 Viscosidade @T BOMBEIO		cSt	
17 PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO		kg/cm² a	
CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA			
19 VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)		m³/h	0,2060
20 VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)		m³/h	0,1030
21 VAZÃO NORMAL		m³/h	0,1717
22 PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated		kg/cm² g	1,7467
23 PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated		kg/cm² g	1,0330
24 PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated		kg/cm²	0,7138
25 ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)		m	1,0000
26 NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)		m	2,1004
27 MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)		kg/cm²	0,8565
28 PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO		kg/cm² g	2,0659
29 PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO		kg/cm² g	2,7797
30 DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO		polegadas	2 2
31 IMPULSOR / FECHAMENTO (5)			
32 TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)			
condições DE PROJETO MECÂNICO			
34 TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO		°C	98
35 PRESSÃO PROJETO MECÂNICO		kg/cm² g	3,5
CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO			
37 TIPO OPERAÇÃO / RESERVA			
38 CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO		kWh/h	3,8300 3,83
39 CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO		Kg/h	
40 NOTAS :			
41	(1) O ponto de garantia deve ser para a vazão de projeto (rated) e a altura diferencial indicada.		
42	(2) Vazão de processo em condições de "turn-dow n", posta em funcionamento ou outras operações. A l. de detalhe / vendedor deve especificar a vazão mínima requerida pela bomba e o sistema de proteção / recirculação em seu caso.		
43	(3) Na brida de aspiração da bomba. Exclui cargas de aceleração para bombas volumétricas alternativas. Exclui contingências / margem para todo tipo de bombas.		
44	(4) Este valor não pode ser excedido pela bomba com dens., viscos. normais e velocidade de OPERAÇÃO contínua máx.		
45	(5) Especificar tipo / particularidades do impulsor / fechamento, se existem requerimentos de processo.		
46	(6) Especificar TRACEJADO, ISOLAMENTO, flushing se existem requerimentos de processo.		
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58	Para materiais ver a folha de seleção de materiais.		

Rev.	Por					
Data	Aprovado					

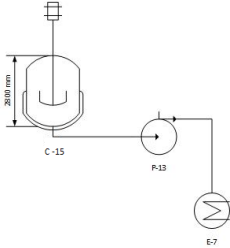
PROJETO : Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº P-11	
UNIDADE : Saída do Reator 2		Pág. 2 de 2	

FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS				
1 SERVIÇO / CASO : Abastecimento do Filtro 2				
2 ESQUEMA DE FLUXO :				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16 NATUREZA DO FLUÍDO		-		
17 T de BOMBEO		°C	67,4	
18 Viscosidade @T		cSt	1,371	
19 Densidade @T		kg/m³	957,4	
20				
21 Capacidade		Q Nor	Q des	
22 VAZÃO mássico		kg/h	171	171
23 VAZÃO volumétrico		m³/h	0,1717	0,1717
24				
25 P. ASPIRAÇÃO		Q Nor	Q des	
26 P. recipiente		kg/cm² g		
27 H (LT a center line)		kg/cm²		
28 ΔP linha		kg/cm²		
29 ΔP filtro		kg/cm²		
30 ΔP outros		kg/cm²		
31 P. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g		
32				
33 NPSH desPONÍVEL		Q Nor	Q des	
34 PRESSÃO ASPIRAÇÃO		kg/cm² a	1,0330	
35 P. vapor @T		kg/cm² a	0,0005	
36 Diferença		kg/cm²	1,0324	
37 NPSH		m	2,1004	
38				
39 Consumo estimado ACIONAMENTO		Q Nor	Q des	
40 HHP		CV		
41 Eficiência bomba		%		
42 BHP		CV		
43 Motor				
44 Eficiência motor		%	50	
45 Etricidade		kWh/h	7,6600	
46 Turbina				
47 ΔH vapor isoentrópica.		kJ/Kg		
48 Eficiência turbina		%		
49 Consumo vapor		kg/h		
50 NOTAS :				
51 (1) Especificar o set pressure da válvula de segurança do recipiente de aspiração				
52 (2) Especificar n vezes a pressão diferencial @ Qdes, onde n = 1,2 // 1,2*1,1 para acionamento com motor // turbina.				
53 (3) Será especificado : P max de aspiração + P diferencial máxima. Para bombas volumétricas o set pressure da válvula de segurança em impulsão será igual à pressão máxima de impulsão.				
54				
55				
56				
57				
58				

Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO : Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº P-12	
UNIDADE : Saída do Reator 3		Pág. 1 de 2	
BOMBAS			
1 CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO			
2 CASO DE PROJETO		Etapa 3	
3 SERVIÇO		Abastecimento da Decantação 2	
4 EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA		P-12	
5 NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA		1	1
6 TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)		Rotativa	
7 FUNCIONAMENTO (contínuo / descontinuo ; série / paralelo)		Descontínuo	
8 CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO			
9 NATUREZA DO FLUIDO		Composto Orgânico	
10 COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS		Sim	Sim
11 SÓLIDOS EN SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)		3,84 kg	
12 PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)	°C	-	
13 TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO	°C	-	
14 TEMPERATURA DE BOMBEIO	°C	125	
15 Densidade @T BOMBEIO	kg/m³	1076	
16 Viscosidade @T BOMBEIO	cSt	0,6676	
17 PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO	kg/cm² a	0,8500	
18 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA			
19 VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)	m³/h	2,4077	
20 VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)	m³/h	1,2038	
21 VAZÃO NORMAL	m³/h	2,0064	
22 PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated	kg/cm² g	1,7467	
23 PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated	kg/cm² g	1,0330	
24 PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated	kg/cm²	0,7138	
25 ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)	m	1,1000	
26 NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)	m	1,2735	
27 MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)	kg/cm²	0,8565	
28 PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO	kg/cm² g	2,0659	
29 PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO	kg/cm² g	2,7797	
30 DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO	polegadas	2	2
31 IMPULSOR / FECHAMENTO (5)			
32 TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)			
33 condições DE PROJETO MECÂNICO			
34 TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO	°C	155	
35 PRESSÃO PROJETO MECÂNICO	kg/cm² g	3,5	
36 CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO			
37 TIPO OPERAÇÃO / RESERVA			
38 CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	kWh/h	50,3000	50,3
39 CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	Kg/h		
40 NOTAS :			
41	(1) O ponto de garantia deve ser para a vazão de projeto (rated) e a altura diferencial indicada.		
42	(2) Vazão de processo em condições de "turn-dow n", posta em funcionamento ou outras operações. A l. de detalhe / vendedor deve especificar a vazão mínima requerida pela bomba e o sistema de		
43	proteção / recirculação em seu caso.		
44	(3) Na brida de aspiração da bomba. Exclui cargas de aceleração para bombas volumétricas alternativas. Exclui contingências / margem para todo tipo de bombas.		
45			
46	(4) Este valor não pode ser excedido pela bomba com dens., viscos. normais e velocidade de OPERAÇÃO contínua máx.		
47	(5) Especificar tipo / particularidades do impulsor / fechamento, se existem requerimentos de processo.		
48	(6) Especificar TRACEJADO, ISOLAMENTO, flushing se existem requerimentos de processo.		
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58	Para materiais ver la folha de seleção de materiais.		
Rev.	Por		
Data	Aprovado		

PROJETO : Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº P-12	
UNIDADE : Saída do Reator 3		Pág. 2 de 2	

FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS			
1 SERVIÇO / CASO : Abastecimento da Decantação 2			
2 ESQUEMA DE FLUXO :			
			
16 NATUREZA DO FLUÍDO		-	
17 T de BOMBEO	°C	125	
18 Viscosidade @T	cSt	0,6676	
19 Densidade @T	kg/m³	1076	
21 Capacidade		Q Nor	Q des
22 VAZÃO mássico	kg/h	2017	2017
23 VAZÃO volumétrico	m³/h	2,0064	2,0064
25 P. ASPIRAÇÃO		Q Nor	Q des
26 P. recipiente	kg/cm² g		
27 H (LT a center line)	kg/cm²		
28 ΔP linha	kg/cm²		
29 ΔP filtro	kg/cm²		
30 ΔP outros	kg/cm²		
31 P. ASPIRAÇÃO	kg/cm² g		
33 NPSH desPONÍVEL		Q Nor	Q des
34 PRESSÃO ASPIRAÇÃO	kg/cm² a		1,0330
35 P. vapor @T	kg/cm² a		0,8500
36 Diferença	kg/cm²		0,1830
37 NPSH	m		1,2735
39 Consumo estimado ACIONAMENTO		Q Nor	Q des
40 HHP	CV		
41 Eficiência bomba	%		
42 BHP	CV		
43 Motor			
44 Eficiência motor	%	50	
45 Etricidade	kWh/h	100,6000	
46 Turbina			
47 ΔH vapor isentrópica.	kJ/Kg		
48 Eficiência turbina	%		
49 Consumo vapor	kg/h		
50 NOTAS :			
51 (1)	Especificar o set pressure da válvula de segurança do recipiente de aspiração		
52 (2)	Especificar n vezes a pressão diferencial @ Qdes, onde n = 1,2 // 1,2*1,1 para acionamento com motor // turbina.		
53 (3)	Será especificado : P max de aspiração + P diferencial máxima. Para bombas volumétricas o set pressure da válvula de segurança em impulsão será igual à pressão máxima de impulsão.		
54			
55			
56			
57			
58			

Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO :	Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº		P - 14	
UNIDADE :	Saída do Decantador 2		Pág.	1	de	2
BOMBAS						
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO					
2	CASO DE PROJETO			Etapa 3		
3	SERVIÇO			Abastecimento da Extração		
4	EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA			P-14		
5	NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA			1	1	
6	TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)			Rotativa		
7	FUNCIONAMENTO (contínuo / descontinuo ; série / paralelo)			Descontinuo		
8	CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO					
9	NATUREZA DO FLUIDO			Composto Orgânico		
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS			Não	Sim	
11	SÓLIDOS EN SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)			0,96 kg		
12	PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)	°C	-			
13	TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO	°C	-			
14	TEMPERATURA DE BOMBEO	°C	25			
15	Densidade @T BOMBEO	kg/m³	1177			
16	Viscosidade @T BOMBEO	cSt	1,152			
17	PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEO	kg/cm² a	0,85			
18	CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA					
19	VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)	m³/h	✓	0,1855		
20	VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)	m³/h	✓	0,0928		
21	VAZÃO NORMAL	m³/h	✓	0,1546		
22	PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated	kg/cm² g	✓	1,3389		
23	PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated	kg/cm² g	✓	1,0330		
24	PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated	kg/cm²	✓	0,3059		
25	ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)	m	✓	3		
26	NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)	m	✓	3,1586		
27	MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)	kg/cm²	✓	0,3671		
28	PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO	kg/cm² g	✓	2,0659		
29	PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO	kg/cm² g	✓	2,3718		
30	DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO	polegadas	2	2		
31	IMPULSOR / FECHAMENTO (5)					
32	TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)					
33	condições DE PROJETO MECÂNICO					
34	TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO	°C	80			
35	PRESSÃO PROJETO MECÂNICO	kg/cm² g	3,5			
36	CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO					
37	TIPO OPERAÇÃO / RESERVA					
38	CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	kWh/h	1,8200	1,82		
39	CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	Kg/h				
40	NOTAS :					
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58	Para materiais ver la folha de seleção de materiais.					
	Rev.	Por				
	Data	Aprovado				

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº		P - 14	
UNIDADE :		Saída do Decantador 2		Pág.		2 de 2	

FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS							
1 SERVIÇO / CASO :		Abastecimento da Extração					
2 ESQUEMA DE FLUXO :							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16 NATUREZA DO FLUÍDO		-					
17 T de BOMBEO		°C		25			
18 Viscosidade @T		cSt		1,152			
19 Densidade @T		kg/m³		1177			
20							
21 Capacidade				Q Nor		Q des	
22 VAZÃO mássico		kg/h		182		182	
23 VAZÃO volumétrico		m³/h		0,1546		0,1546	
24							
25 P. ASPIRAÇÃO				Q Nor		Q des	
26 P. recipiente		kg/cm² g					
27 H (LT a center line)		kg/cm²					
28 ΔP linha		kg/cm²					
29 ΔP filtro		kg/cm²					
30 ΔP otros		kg/cm²					
31 P. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g					
32							
33 NPSH des PONÍVEL				Q Nor		Q des	
34 PRESSÃO ASPIRAÇÃO		kg/cm² a		1,0330			
35 P. vapor @T		kg/cm² a		0,8500			
36 Diferença		kg/cm²		0,1830			
37 NPSH		m		3,1586			
38							
39 Consumo estimado ACIONAMENTO				Q Nor		Q des	
40 HHP		CV					
41 Eficiência bomba		%					
42 BHP		CV					
43 Motor							
44 Eficiência motor		%		50			
45 Elétricidade		kWh/h		3,64			
46 Turbina							
47 ΔH vapor isentrópica.		kJ/Kg					
48 Eficiência turbina		%					
49 Consumo vapor		kg/h					
50 NOTAS :							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.		Por					
Data		Aprovado					

PROJETO :	Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			EQUIPAMENTO nº	P - 17	
UNIDADE :	Saída da Destilação 3			Pág.	1	de 2
BOMBAS						
1 CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2 CASO DE PROJETO				Etapas 3		
3 SERVIÇO				Abastecimento da Secagem 2		
4 EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA				P-17		
5 NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA				1	1	
6 TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)				Rotativa		
7 FUNCIONAMENTO (contínuo / descontinuo ; série / paralelo)				Descontinuo		
8 CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO						
9 NATUREZA DO FLUIDO				Composto Orgânico		
10 COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS				Não	Não	
11 SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)				-	-	
12 PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)				°C	-	
13 TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO				°C	-	
14 TEMPERATURA DE BOMBEIO				°C	25	
15 Densidade @T BOMBEIO				kg/m³	1059	
16 Viscosidade @T BOMBEIO				cSt	0,9667	
17 PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO				kg/cm² a	0,05946	
18 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA						
19 VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)				m³/h	0,6804	
20 VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)				m³/h	0,3402	
21 VAZÃO NORMAL				m³/h	0,5670	
22 PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated				kg/cm² g	1,3389	
23 PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated				kg/cm² g	1,0330	
24 PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated				kg/cm²	0,3059	
25 ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)				m	1,8000	
26 NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)				m	2,7380	
27 MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)				kg/cm²	0,3671	
28 PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO				kg/cm² g	2,0659	
29 PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO				kg/cm² g	2,3718	
30 DIÂMETRO TUBULAÇÃO A SPIRAÇÃO / IMPULSÃO				polegadas	2	2
31 IMPULSOR / FECHAMENTO (5)						
32 TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)						
33 condições DE PROJETO MECÂNICO						
34 TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO				°C	80	
35 PRESSÃO PROJETO MECÂNICO				kg/cm² g	3,5	
36 CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO						
37 TIPO OPERAÇÃO / RESERVA						
38 CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO				kWh/h	6,0040	6,004
39 CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO				Kg/h		
40 NOTAS :						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58	Para materiais ver la folha de seleção de materiais.					
Rev.	Por					
Data	Aprovado					

PROJETO : Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº P-18	
UNIDADE : Saída da Secagem 2		Pág. 1 de 2	
BOMBAS			
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO			
1 CASO DE PROJETO		Etapa 3	
3 SERVIÇO		Abastecimento da Filtração 3	
4 EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA		P-18	
5 NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA		1	1
6 TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)		Rotativa	
7 FUNCIONAMENTO (contínuo / descontinuo ; série / paralelo)		Descontinuo	
CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO			
9 NATUREZA DO FLUIDO		Composto Orgânico	
10 COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS		Não	Não
11 SÓLIDOS EN SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)		36,5 kg	
12 PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)	°C	-	
13 TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO	°C	-	
14 TEMPERATURA DE BOMBEIO	°C	25	
15 Densidade @T BOMBEIO	kg/m³	1086	
16 Viscosidade @T BOMBEIO	cSt	1,0800	
17 PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO	kg/cm² a	0,0017	
CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA			
19 VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)	m³/h	3,4277	
20 VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)	m³/h	1,7138	
21 VAZÃO NORMAL	m³/h	2,8564	
22 PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated	kg/cm² g	1,7467	
23 PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated	kg/cm² g	1,0330	
24 PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated	kg/cm²	0,7138	
25 ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)	m	1,0000	
26 NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)	m	1,9689	
27 MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)	kg/cm²	0,8565	
28 PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO	kg/cm² g	2,0659	
29 PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO	kg/cm² g	2,7797	
30 DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO	polegadas	2	2
31 IMPULSOR / FECHAMENTO (5)			
32 TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)			
condições DE PROJETO MECÂNICO			
34 TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO	°C	80	
35 PRESSÃO PROJETO MECÂNICO	kg/cm² g	3,5	
CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO			
37 TIPO OPERAÇÃO / RESERVA			
38 CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	kWh/h	72,4000	72,4
39 CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	Kg/h		
40 NOTAS :			
41	(1) O ponto de garantia deve ser para a vazão de projeto (rated) e a altura diferencial indicada.		
42	(2) Vazão de processo em condições de "turn-dow n", posta em funcionamento ou outras operações. A l. de detalhe / vendedor deve especificar a vazão mínima requerida pela bomba e o sistema de		
43	proteção / recirculação em seu caso.		
44	(3) Na brida de aspiração da bomba. Exclui cargas de aceleração para bombas volumétricas alternativas. Exclui contingências / margem para todo tipo de bombas.		
45			
46	(4) Este valor não pode ser excedido pela bomba com dens., viscos. normais e velocidade de OPERAÇÃO contínua máx.		
47	(5) Especificar tipo / particularidades do impulsor / fechamento, se existem requerimentos de processo.		
48	(6) Especificar TRACEJADO, ISOLAMENTO, flushing se existem requerimentos de processo.		
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58	Para materiais ver la folha de seleção de materiais.		
Rev.	Por		
Data	Aprovado		

PROJETO : Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº P-18	
UNIDADE : Saída da Secagem 2		Pág. 2 de 2	

FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS			
1 SERVIÇO / CASO : Abastecimento da Filtração 3			
2 ESQUEMA DE FLUXO :			
16 NATUREZA DO FLUÍDO	-		
17 T de BOMBEO	°C	25	
18 Viscosidade @T	cSt	1,08	
19 Densidade @T	kg/m³	1086	
20			
21 Capacidade		Q Nor	Q des
22 VAZÃO mássico	kg/h	278	278
23 VAZÃO volumétrico	m³/h	2,8564	2,8564
24			
25 P. ASPIRAÇÃO		Q Nor	Q des
26 P. recipiente	kg/cm² g		
27 H (LT a center line)	kg/cm²		
28 ΔP linha	kg/cm²		
29 ΔP filtro	kg/cm²		
30 ΔP outros	kg/cm²		
31 P. ASPIRAÇÃO	kg/cm² g		
32			
33 NPSH desPONÍVEL		Q Nor	Q des
34 PRESSÃO ASPIRAÇÃO	kg/cm² a		1,0330
35 P. vapor @T	kg/cm² a		0,0017
36 Diferença	kg/cm²		1,0312
37 NPSH	m		1,9689
38			
39 Consumo estimado ACIONAMENTO		Q Nor	Q des
40 HHP	CV		
41 Eficiência bomba	%		
42 BHP	CV		
43 Motor			
44 Eficiência motor	%	50	
45 Etricidade	kWh/h	144,8000	
46 Turbina			
47 ΔH vapor isoentrópica.	kJ/Kg		
48 Eficiência turbina	%		
49 Consumo vapor	kg/h		
50 NOTAS :			
51 (1)	Especificar o set pressure da válvula de segurança do recipiente de aspiração		
52 (2)	Especificar n vezes a pressão diferencial @ Qdes, onde n = 1,2 // 1,2*1,1 para acionamento com motor // turbina.		
53 (3)	Será especificado : P max de aspiração + P diferencial máxima. Para bombas volumétricas o set pressure da válvula de segurança em impulsão será igual à pressão máxima de impulsão.		
54			
55			
56			
57			
58			

Rev.	Por					
Data	Aprovado					

PROJETO :	Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			EQUIPAMENTO nº	P - 21	
UNIDADE :	Bomba de Abastecimento da Neutralização (KOH)			Pág.	1	de 2
BOMBAS						
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2 CASO DE PROJETO				Etapa 1		
3 SERVIÇO				Abastecimento da Neutralização		
4 EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA				P-21		
5 NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA				1	1	
6 TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)				Rotativa		
7 FUNCIONAMENTO (contínuo / descontinuo ; série / paralelo)				Descontinuo		
CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO						
9 NATUREZA DO FLUIDO				Composto Inorgânico		
10 COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS				Sim	Não	
11 SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)				-	-	
12 PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)	°C	-				
13 TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO	°C	-				
14 TEMPERATURA DE BOMBEIO	°C	25				
15 Densidade @T BOMBEIO	kg/m³	1031				
16 Viscosidade @T BOMBEIO	cSt	0,9288				
17 PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO	kg/cm² a	0,0656				
CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA						
19 VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)	m³/h	1,2106				
20 VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)	m³/h	0,6053				
21 VAZÃO NORMAL	m³/h	1,0088				
22 PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated	kg/cm² g	1,3389				
23 PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated	kg/cm² g	1,0330				
24 PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated	kg/cm²	0,3059				
25 ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)	m	2,8000				
26 NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)	m	3,7574				
27 MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)	kg/cm²	0,3671				
28 PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO	kg/cm² g	2,0659				
29 PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO	kg/cm² g	2,3718				
30 DIÂMETRO TUBULAÇÃO A SPIRAÇÃO / IMPULSÃO	polegadas	2	2			
31 IMPULSOR / FECHAMENTO (5)						
32 TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)						
condições DE PROJETO MECÂNICO						
34 TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO	°C	80				
35 PRESSÃO PROJETO MECÂNICO	kg/cm² g	3,5				
CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO						
37 TIPO OPERAÇÃO / RESERVA						
38 CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	kWh/h	10,4000	10,4			
39 CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	Kg/h					
40 NOTAS :						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58	Para materiais ver la folha de seleção de materiais.					
Rev.	Por					
Data	Aprovado					

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº		P - 21	
UNIDADE :		Bomba de Abastecimento da Neutralização (KOH)		Pág.		2 de 2	
FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS							
1 SERVIÇO / CASO :		Abastecimento da Neutralização					
2 ESQUEMA DE FLUXO :							
16 NATUREZA DO FLUÍDO		-		Q Nor		Q Des.	
17 T de BOMBEIO		°C		25		P. IMPULSÃO	
18 Viscosidade @T		cSt		0,9288		Circ. 1 Circ. 2 Circ. 3	
19 Densidade @T		kg/m³		1031		kg/cm² g ó kg/cm² (ΔP)	
20				P. destino			
21 Capacidade				Q Nor		Q des	
22 VAZÃO mássico		kg/h		1035,15		Altura estática	
23 VAZÃO volumétrico		m³/h		1,0088		ΔP linha	
24						ΔP filtro	
25 P. ASPIRAÇÃO				Q Nor		Q des	
26 P. recipiente		kg/cm² g				ΔP	
27 H (LT a center line)		kg/cm²				ΔP	
28 ΔP linha		kg/cm²				ΔP	
29 ΔP filtro		kg/cm²				ΔP placa	
30 ΔP otros		kg/cm²				ΔP Váv. Cont.	
31 P. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g				P. IMPULSÃO	
32							
33 NPSH desPONÍVEL				Q Nor		Q des	
34 PRESSÃO ASPIRAÇÃO		kg/cm² a		1,0330		P. Diferencial @ Q des	
35 P. vapor @T		kg/cm² a		0,0656		P. IMPULSÃO	
36 Diferença		kg/cm²		0,9674		kg/cm² g	
37 NPSH		m		3,7574		kg/cm² g	
38						Altura Diferencial	
39 Consumo estimado ACIONAMENTO				Q Nor		Q des	
40 H-P		CV				P. máx. ASPIRAÇÃO	
41 Eficiência bomba		%				P. Recipiente (1)	
42 B-P		CV				kg/cm² g	
43 Motor						H (H-L- Center line)	
44 Eficiência motor		%		50		P. máx. ASPIRAÇÃO	
45 Eficiência turbina		kWh/h		20,8		kg/cm² g	
46 Turbina						P. máx. IMPULSÃO	
47 ΔH vapor isentrópica.		kJ/Kg				P. difer. máx. motor (2)	
48 Eficiência turbina		%				kg/cm² g	
49 Consumo vapor		kg/h				P. difer. máx. turbina (2)	
50 NOTAS :						P. máx. IMPULSÃO (3)	
51						kg/cm² g	
52						2,3718	
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.		Por					
Data		Aprovado					

PROJETO :	Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			EQUIPAMENTO nº	P - 22	
UNIDADE :	Bomba de Abastecimento de Acetato de Etila			Pág.	1	de 2
BOMBAS						
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2	CASO DE PROJETO			Etapa 1		
3	SERVIÇO			Abastecimento de Acetato de Etila		
4	EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA			P - 22		
5	NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA			1	1	
6	TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)			Rotativa		
7	FUNCIONAMENTO (contínuo / descontinuo ; série / paralelo)			Descontinuo		
CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO						
9	NATUREZA DO FLUIDO			Composto Orgânico		
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS			Não	Não	
11	SÓLIDOS EN SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)			-	-	
12	PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)	°C		-		
13	TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO	°C		-		
14	TEMPERATURA DE BOMBEIO	°C		25		
15	Densidade @T BOMBEIO	kg/m³		890,4		
16	Viscosidade @T BOMBEIO	cSt		0,4198		
17	PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO	kg/cm² a		0,2324		
CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA						
19	VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)	m³/h		0,0438		
20	VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)	m³/h		0,0219		
21	VAZÃO NORMAL	m³/h		0,0365		
22	PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated	kg/cm² g		1,3389		
23	PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated	kg/cm² g		1,0330		
24	PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated	kg/cm²		0,3059		
25	ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)	m		2,8000		
26	NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)	m		3,7174		
27	MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)	kg/cm²		0,3671		
28	PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO	kg/cm² g		2,0659		
29	PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO	kg/cm² g		2,3718		
30	DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO	polegadas		2,0000	2,0000	
31	IMPULSOR / FECHAMENTO (5)					
32	TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)					
condições DE PROJETO MECÂNICO						
34	TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO	°C		80		
35	PRESSÃO PROJETO MECÂNICO	kg/cm² g		3,5		
CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO						
37	TIPO OPERAÇÃO / RESERVA					
38	CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	kWh/h		0,32	0,32	
39	CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	Kg/h				
40	NOTAS :					
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58	Para materiais ver la folha de seleção de materiais.					
Rev.	Por					
Data	Aprovado					

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº		P - 22	
UNIDADE :		Bomba de Abastecimento de Acetato de Etila		Pág.		2 de 2	
FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS							
1 SERVIÇO / CASO :		Abastecimento de Acetato de Etila					
2 ESQUEMA DE FLUXO :							
16 NATUREZA DO FLUÍDO		-		Q Nor		Q Des.	
17 T de BOMBEIO		°C		25		P. IMPULSÃO	
18 Viscosidade @T		cSt		0,4198		Circ. 1 Circ. 2 Circ. 3	
19 Densidade @T		kg/m³		890,4		kg/cm² g ó kg/cm² (ΔP)	
20						P. destino	
21 Capacidade				Q Nor Q des		ΔP distribuidor	
22 VAZÃO mássico		kg/h		33 33		Altura estática	
23 VAZÃO volumétrico		m³/h		0,0365 0,0365		ΔP linha	
24						ΔP filtro	
25 P. ASPIRAÇÃO				Q Nor Q des		ΔP	
26 P. recipiente		kg/cm² g				ΔP	
27 H (LT a center line)		kg/cm²				ΔP	
28 ΔP linha		kg/cm²				ΔP	
29 ΔP filtro		kg/cm²				ΔP placa	
30 ΔP outros		kg/cm²				ΔP Váv. Cont.	
31 P. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g				P. IMPULSÃO	
32							
33 NPSH des PONÍVEL				Q Nor Q des		P. Diferencial @ Q des	
34 PRESSÃO ASPIRAÇÃO		kg/cm² a		1,0330		P. IMPULSÃO	
35 P. vapor @T		kg/cm² a		0,2324		kg/cm² g	
36 Diferença		kg/cm²		0,8006		P. ASPIRAÇÃO	
37 NPSH		m		3,7174		kg/cm² g	
38						Altura Diferencial	
39 Consumo estimado ACIONAMENTO				Q Nor Q des		P. máx. ASPIRAÇÃO	
40 H-P		CV				P. Recipiente (1)	
41 Eficiência bomba		%				kg/cm² g	
42 B-P		CV				H (H-L- Center line)	
43 Motor						P. máx. ASPIRAÇÃO	
44 Eficiência motor		%		50		kg/cm² g	
45 Eficiência turbina		kWh/h		0,64		P. máx. motor (2)	
46 Turbina						kg/cm² g	
47 ΔH vapor isentrópica.		kJ/Kg				P. máx. turbina (2)	
48 Eficiência turbina		%				kg/cm² g	
49 Consumo vapor		kg/h				P. máx. IMPULSÃO (3)	
50 NOTAS :						kg/cm² g	
51						2,3718	
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.		Por					
Data		Aprovado					

PROJETO :	Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			EQUIPAMENTO nº	P - 25	
UNIDADE :	Bomba de Abastecimento do Reator 3 (C6H6)			Pág.	1	de 2
BOMBAS						
1 CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2 CASO DE PROJETO				Etapa 3		
3 SERVIÇO				Abastecimento do Reator 3		
4 EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA				P-25		
5 NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA				1	1	
6 TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)				Rotativa		
7 FUNCIONAMENTO (contínuo / descontinuo ; série / paralelo)				Descontinuo		
8 CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO						
9 NATUREZA DO FLUIDO				Composto Orgânico		
10 COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS				Não	Sim	
11 SÓLIDOS EN SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)				-	-	
12 PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)		°C	-			
13 TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO		°C	-			
14 TEMPERATURA DE BOMBEIO		°C	25			
15 Densidade @T BOMBEIO		kg/m³	872,2			
16 Viscosidade @T BOMBEIO		cSt	0,6049			
17 PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO		kg/cm² a	0,228			
18 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA						
19 VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)		m³/h	0,4888			
20 VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)		m³/h	0,2444			
21 VAZÃO NORMAL		m³/h	0,4073			
22 PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated		kg/cm² g	1,3389			
23 PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated		kg/cm² g	1,0330			
24 PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated		kg/cm²	0,3059			
25 ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)		m	3			
26 NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)		m	3,9417			
27 MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)		kg/cm²	0,3671			
28 PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO		kg/cm² g	2,0659			
29 PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO		kg/cm² g	2,3718			
30 DIÂMETRO TUBULAÇÃO A SPIRAÇÃO / IMPULSÃO		polegadas	2	2		
31 IMPULSOR / FECHAMENTO (5)						
32 TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)						
33 condições DE PROJETO MECÂNICO						
34 TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO		°C	80			
35 PRESSÃO PROJETO MECÂNICO		kg/cm² g	3,5			
36 CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO						
37 TIPO OPERAÇÃO / RESERVA						
38 CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO		kWh/h	3,5500	3,55		
39 CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO		Kg/h				
40 NOTAS :						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58	Para materiais ver la folha de seleção de materiais.					
Rev.	Por					
Data	Aprovado					

PROJETO :	Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			EQUIPAMENTO nº	P - 25		
UNIDADE :	Bomba de Abastecimento do Reator 3 (C6H6)			Pág.	2	de	2

FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS							
1	SERVIÇO / CASO :	Abastecimento do Reator 3					
2	ESQUEMA DE FLUXO :						
16	NATUREZA DO FLUÍDO	-					
17	T de BOMBEIO	°C	25		P. IMPULSÃO		
18	Viscosidade @T	cSt	0,6049				
19	Densidade @T	kg/m³	872,2				
20							
21	Capacidade		Q Nor	Q des			
22	VAZÃO mássico	kg/h	359,306	359,306			
23	VAZÃO volumétrico	m³/h	0,4073	0,4073			
24							
25	P. ASPIRAÇÃO		Q Nor	Q des			
26	P. recipiente	kg/cm² g					
27	H (LT a center line)	kg/cm²					
28	ΔP linha	kg/cm²					
29	ΔP filtro	kg/cm²					
30	ΔP outros	kg/cm²					
31	P. ASPIRAÇÃO	kg/cm² g					
32							
33	NPSH des PONÍVEL		Q Nor	Q des			
34	PRESSÃO ASPIRAÇÃO	kg/cm² a		1,0330			
35	P. vapor @T	kg/cm² a		0,2280			
36	Diferença	kg/cm²		0,8050			
37	NPSHA	m		3,9417			
38							
39	Consumo estimado ACIONAMENTO		Q Nor	Q des			
40	H-P	CV					
41	Eficiência bomba	%					
42	BHP	CV					
43	Motor						
44	Eficiência motor	%	50				
45	Elétricidade	kWh/h	7,1				
46	Turbina						
47	ΔH vapor isentrópica.	kJ/Kg					
48	Eficiência turbina	%					
49	Consumo vapor	kg/h					
50	NOTAS :						
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							

Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO :	Produção industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde			EQUIPAMENTO nº	P - 27	
UNIDADE :	Bomba de Abastecimento da Extração (Acetato de Etila)			Pág.	1	de 2
BOMBAS						
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2	CASO DE PROJETO			Etapa 3		
3	SERVIÇO			Abastecimento da Extração		
4	EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA			P-27		
5	NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA			1	1	
6	TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)			Rotativa		
7	FUNCIONAMENTO (contínuo / descontinuo ; série / paralelo)			Descontinuo		
CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO						
9	NATUREZA DO FLUIDO			Composto Orgânico		
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS			Não	Não	
11	SÓLIDOS EN SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)			-	-	
12	PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)	°C		-		
13	TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO	°C		-		
14	TEMPERATURA DE BOMBEIO	°C		25		
15	Densidade @T BOMBEIO	kg/m³		890,4		
16	Viscosidade @T BOMBEIO	cSt		0,4198		
17	PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO	kg/cm² a		0,2324		
CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA						
19	VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)	m³/h		1,1684		
20	VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)	m³/h		0,5842		
21	VAZÃO NORMAL	m³/h		0,9737		
22	PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated	kg/cm² g		1,3389		
23	PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated	kg/cm² g		1,0330		
24	PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated	kg/cm²		0,3059		
25	ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)	m		3		
26	NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)	m		3,9174		
27	MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)	kg/cm²		0,3671		
28	PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO	kg/cm² g		2,0659		
29	PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO	kg/cm² g		2,3718		
30	DIÂMETRO TUBULAÇÃO A SPIRAÇÃO / IMPULSÃO	polegadas		2	2	
31	IMPULSOR / FECHAMENTO (5)					
32	TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)					
condições DE PROJETO MECÂNICO						
34	TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO	°C		80		
35	PRESSÃO PROJETO MECÂNICO	kg/cm² g		3,5		
CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO						
37	TIPO OPERAÇÃO / RESERVA					
38	CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	kWh/h		8,6700	8,67	
39	CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	Kg/h				
40	NOTAS :					
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58	Para materiais ver la folha de seleção de materiais.					
Rev.	Por					
Data	Aprovado					

PROJETO :		Produção Industrial de Ibuprofeno via Síntese Verde		EQUIPAMENTO nº		P - 27	
UNIDADE :		Bomba de Abastecimento da Extração (Acetato de Etila)		Pág.		2 de 2	
FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS							
1 SERVIÇO / CASO :		Abastecimento da Extração					
2 ESQUEMA DE FLUXO :							
16 NATUREZA DO FLUÍDO		-		Q Nor		Q Des.	
17 T de BOMBEIO		°C		25		P. IMPULSÃO	
18 Viscosidade @T		cSt		0,4198		Circ. 1 Circ. 2 Circ. 3	
19 Densidade @T		kg/m³		890,4		kg/cm² g ó kg/cm² (ΔP)	
20						P. destino	
21 Capacidade				Q Nor Q des		ΔP distribuidor	
22 VAZÃO mássico		kg/h		881,07 881,07		Altura estática	
23 VAZÃO volumétrico		m³/h		0,9737 0,9737		ΔP linha	
24						ΔP filtro	
25 P. ASPIRAÇÃO				Q Nor Q des		ΔP	
26 P. recipiente		kg/cm² g				ΔP	
27 H (LT a center line)		kg/cm²				ΔP	
28 ΔP linha		kg/cm²				ΔP	
29 ΔP filtro		kg/cm²				ΔP placa	
30 ΔP otros		kg/cm²				ΔP Váv. Cont.	
31 P. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g				P. IMPULSÃO	
32							
33 NPSH des PONÍVEL				Q Nor Q des		P. Diferencial @ Q des	
34 PRESSÃO ASPIRAÇÃO		kg/cm² a		1,0330		P. IMPULSÃO	
35 P. vapor @T		kg/cm² a		0,2324		kg/cm² g	
36 Diferença		kg/cm²		0,8006		P. ASPIRAÇÃO	
37 NPSH		m		3,9174		kg/cm² g	
38						Altura Diferencial	
39 Consumo estimado ACIONAMENTO				Q Nor Q des		P. máx. ASPIRAÇÃO	
40 H-P		CV				P. Recipiente (1)	
41 Eficiência bomba		%				kg/cm² g	
42 B-P		CV				H (H-L- Center line)	
43 Motor						P. máx. ASPIRAÇÃO	
44 Eficiência motor		%		50		kg/cm² g	
45 Betricidade		kWh/h		17,34		P. máx. IMPULSÃO	
46 Turbina						P. difer. máx. motor (2)	
47 ΔH vapor isentrópica.		kJ/Kg				kg/cm² g	
48 Eficiência turbina		%				P. difer. máx. turbina (2)	
49 Consumo vapor		kg/h				kg/cm² g	
50 NOTAS :							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.		Por					
Data		Aprovado					

PROJETO :		Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde			EQUIPAMENTO nº		E-1		
UNIDADE :					Pág.	1	de	1	
TROCADORES DE CALOR									
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO									
1 EQUIPAMENTO Nº		E-1							
3 CASO DE DESENHO									
4 SERVIÇO		Resfriamento do alimento ao reator da priemiras reação							
5 TIPO (casco-tubos / placas / tubo duplo)		Tubo Duplo		TIPO TEMA			AES		
6 DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)		Horizontal		Circulação (Termosif., forçada)			Forçada		
7 NÚMERO DE CARÇAS ESTIMADAS		1		Em série / paralelo			Não se aplica		
CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO									
9 LADO		CASCO			TUBOS				
10 COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)		Não contém		Não contém		Não contém		Não contém	
11 NATUREZA		Vapor de baixa pressão			Hidrocarboneto				
12		Entrada		Salida		Entrada		Salida	
13 VAZÃO TOTAL		kg/h				102,88		102,88	
14 VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO		kg/h							
15 INCONDENSÁVEIS (N2,...)		kg/h							
16 VAPOR DE ÁGUA		kg/h							
17 HIDROCARBONETOS		kg/h							
18 VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO		kg/h				103,00		103,00	
19 ÁGUA LIVRE		kg/h							
20 HIDROCARBONETOS		kg/h				102,88		102,88	
21 PROPRIEDADES FASE VAPOR (Húmida)									
22 PESO MOLECULAR		kg/kmol		17,031		112,80		113,80	
23 DENSIDADE @P,T		Kg/m³		0,73					
24 VISCOSIDADE @T		cP		0,255					
25 CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T		kcal/h m K		0,00001908					
26 CALOR ESPECÍFICO @T		kcal/kg °C		6,76					
27 PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidroc.)									
28 DENSIDADE @P,T		kg/m³				989,20		1012,00	
29 VISCOSIDADE @T		cSt				0,87		1,16	
30 CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T		kcal/h m K				0,122957868		0,127515047	
31 CALOR ESPECÍFICO @T		kcal/kg °C				0,424120861		0,408028407	
32 TENSÃO SUPERFICIAL @P,T		dinas/cm				3233		3466	
33 TEMPERATURA		°C		-33		-33		25	
34 PRESSÃO DE ENTRADA		kg/cm² g						7	
35 PERDA DE CARGA PERMITIDA		kg/cm²						0,20394	
36 FATOR DE DEPOSIÇÃO		m² h²C / kcal						0,000964	
37 CALOR TROCAO		Gcal/h						0,000884	
38 VAZÃO E CALOR TROCAO MÁX.		%							
39 PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.		kg/cm²							
CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO									
41 CONDIÇÕES DE...				Pressão		Temperatura		Pressão	
42 PROJETO MECÂNICO		kg/cm2 g ; °C							
43 PROJETO MECÂNICO A VAZIO		kg/cm2 g ; °C							
44 À MÍNIMA TEMPERATURA		kg/cm2 g ; °C							
45		kg/cm2 g ; °C							
46 FLUSHING OU STEAM OUT		kg/cm2 g ; °C							
CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y LIMITACIONES NO PROJETO TÉRMICO (1)									
48 MÁX. DIÂMETRO CASCO (60 polegadas)				MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)					
49 DIÂMETRO EXTERIOR TUBOS (3/4 pulgada)				MÍNIMO ESPESURA (BWG)					
50 COMPRIMENTO TUBOS (20 ft)				PTCH (1 pulgada) / TIPO					
51 VEL. MÁX./ MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)				VEL. MÁX./ MÍN. PERM.CASCO (m/s)					
52 NOTAS :									
53 (1)		Anotar se há limitações diferentes às normais indicadas e/ou requerimentos de processo.							
54		U = 732,325 Kcal/(hm °C)							
55		Área de troca de 0,02554 m²							
56		Curvas de condensação/vaporização em folha anexe se procede.							
57		Para materiais ver folha de seleção de materiais.							
Rev.		Por							
Data		Aprovado							

PROJETO :		Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				EQUIPAMENTO nº		E-2	
UNIDADE :						Pág.	1	de	1
TROCADORES DE CALOR									
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO									
EQUIPAMENTO Nº		E-2							
CASO DE DESENHO									
SERVIÇO		Aquecimento do alimento à coluna de destilação fracionada							
TIPO (casco-tubos / placas / tubo duplo)		Tubo Duplo		TIPO TEMA				AES	
DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)		Horizontal		Circulação (Termosif., forçada)				Forçada	
NÚMERO DE CARÇAÇAS ESTIMADAS		1		Em série / paralelo				Não se aplica	
CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO									
LADO		CASCO			TUBOS				
COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)		Não contém		Não contém		Não contém		Não contém	
NATUREZA		Vapor de baixa pressão			Hidrocarboneto				
		Entrada		Salida		Entrada		Salida	
VAZÃO TOTAL		kg/h				96,33		96,33	
VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO		kg/h							
INCONDENSÁVEIS (N ₂ ,...)		kg/h							
VAPOR DE ÁGUA		kg/h							
HIDROCARBONETOS		kg/h							
VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO		kg/h				96,33		96,33	
ÁGUA LIVRE		kg/h							
HIDROCARBONETOS		kg/h				96,33		96,33	
PROPRIEDADES FASE VAPOR (Húmida)									
PESO MOLECULAR		kg/kmol		18,02		18,2		126,90	
DENSIDADE @P,T		Kg/m³							
VISCOSIDADE @T		cP							
CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T		kcal/h m K							
CALOR ESPECÍFICO @T		kcal/kg °C							
PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidroc.)									
DENSIDADE @P,T		kg/m³		983,2		983,2		1002,00	
VISCOSIDADE @T		cSt		0,474578		0,474578		1,79	
CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T		kcal/h m K		0,00049896		0,00049896		0,118142734	
CALOR ESPECÍFICO @T		kcal/kg °C		1		1		0,449741742	
TENSÃO SUPERFICIAL @P,T		dinas/cm		65		65		2317	
TEMPERATURA		°C		70		65		25,0728	
PRESSÃO DE ENTRADA		kg/cm² g							
PERDA DE CARGA PERMITIDA		kg/cm²						1,9598	
FATOR DE DEPOSIÇÃO		m² h°C / kcal						0,00952	
CALOR TROCADO		Gcal/h						0,001536	
VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.		%							
PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.		kg/cm²							
CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO									
CONDIÇÕES DE...				Pressão		Temperatura		Pressão	
PROJETO MECÂNICO		kg/cm2 g ; °C							
PROJETO MECÂNICO A VAZIO		kg/cm2 g ; °C							
À MÍNIMA TEMPERATURA		kg/cm2 g ; °C							
		kg/cm2 g ; °C							
FLUSHING OU STEAM OUT		kg/cm2 g ; °C							
CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y LIMITACIONES NO PROJETO TÉRMICO (1)									
MÁX. DIÂMETRO CASCO (60 polegadas)				MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)					
DIÂMETRO EXTERIOR TUBOS (3/4 pulgada)				MÍNIMO ESPESURA (BWG)					
COMPRIMENTO TUBOS (20 ft)				PITCH (1 pulgada) / TIPO					
VEL. MÁX./ MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)				VEL. MÁX./ MÍN. PERM.CASCO (m/s)					
NOTAS :									
(1)		Anotar se há limitações diferentes às normais indicadas e/ou requerimentos de processo.							
		U = 515,907 Kcal/(hm²°C)							
		Área de troca de 0,214649 m²							
		Curvas de condensação/vaporização em folha anexo se procede.							
		Para materiais ver folha de seleção de materiais.							
Rev.		Por							
Data		Aprovado							

PROJETO :	Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde			EQUIPAMENTO n	E-3	
UNIDADE :	E-3 - CONDENSADOR COLUMNA C-9			Pág.	1	de 1
TROCADORES DE CALOR						
1 CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2 EQUIPAMENTO Nº	E-3					
3 CASO DE DESENHO	RESFRIAMENTO PRODUTO TOPO COLUMNA C-9					
4 SERVIÇO	CONDENSAÇÃO DO PRODUTO DE TOPO					
5 TIPO (casco-tubos / placas / tubo duplo)	TUBO DUPLO	TIPO TEMA	AES			
6 DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)	HORIZONTAL	Circulação (Termosif., forçada)	FORÇA DA			
7 NÚMERO DE CARCAÇAS ESTIMADAS	1	Em série / paralelo				
8 CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO						
9 LADO	CASCO		TUBOS			
10 COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)	NÃO		ANID. ACETICO	77,8		
11 NATUREZA	água		MISTURA ORGÂNICA			
12	Entrada	Saída	Entrada	Saída		
13 VAZÃO TOTAL	kg/h		264	229		
14 VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO	kg/h		264			
15 INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h					
16 VAPOR DE ÁGUA	kg/h					
17 HIDROCARBONETOS	kg/h					
18 VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h			229		
19 ÁGUA LIVRE	kg/h					
20 HIDROCARBONETOS	kg/h					
21 PROPRIEDADES FASE VAPOR (Húmida)						
22 PESO MOLECULAR	kg/kmol		98,56	92,46		
23 DENSIDADE @P,T	Kg/m³		3,385	3,34		
24 VISCOSIDADE @T	cP		0,00891	0,00856		
25 CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K		0,0133	0,860		
26 CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C		0,326	0,00389		
27 PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidro.)						
28 DENSIDADE @P,T	kg/m³			891,3		
29 VISCOSIDADE @T	cSt			0,2834		
30 CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K			0,101		
31 CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C			0,5168		
32 TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm			2401		
33 TEMPERATURA	°C	21	49	135,4	115,4	
34 PRESSÃO DE ENTRADA	kg/cm² g	1,19		1,19		
35 PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm²	0,7		0,7		
36 FATOR DE DEPOSIÇÃO	m² h²C / kcal	0,0003		0,000964		
37 CALOR TROCADO	Gcal/h	0,0000702		0,0000702		
38 VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.	%	110		110		
39 PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.	kg/cm²	0,77		0,77		
40 CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO						
41 CONDIÇÕES DE...		Pressão	Temperatura	Pressão	Temperatura	
42 PROJETO MECÂNICO	kg/cm² g ; °C			3,68	165	
43 PROJETO MECÂNICO A VAZIO	kg/cm² g ; °C					
44 À MINIMA TEMPERATURA	kg/cm² g ; °C					
45	kg/cm² g ; °C					
46 FLUSHING OU STEAM OUT	kg/cm² g ; °C					
47 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS E LIMITAÇÕES NO PROJETO TÉRMICO (1)						
48 MÁX. DIÂMETRO CASCO (80 polegadas)		MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)				
49 DIÂMETRO EXTERIOR TUBOS (3/4 pulgada)		MÍNIMO ESPESSURA (BWG)				
50 COMPRIMENTO TUBOS (20 ft)		PITCH (1 pulgada) / TIPO		△ □ ◇		
51 VEL. MÁX. / MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)		VEL. MÁX. / MÍN. PERM. CASCO (m/s)				
52 NOTAS :						
53 (1)	U = 732,325 Kcal/(hm²°C)					
54	Área de troca de 0,0734 m²					
55						
56						
57	Curvas de condensação/vaporização em folha anexo se procede.					
58	Para materiais ver folha de seleção de materiais.					
Rev.	Por					
Data	Aprovado					

PROJETO :	Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde			EQUIPAMENTO n	E-4	
UNIDADE :	E-4 - CALDEIRA COLUNA C-9			Pág.	1	de 1
TROCADORES DE CALOR						
1 CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2 EQUIPAMENTO Nº	E-4					
3 CASO DE DESENHO	AQUECIMENTO PRODUTO DE FUNDO DA COLUNA C-9					
4 SERVIÇO	CALDEIRA DA COLUNA C-9					
5 TIPO (casco-tubos / placas / tubo duplo)	TUBO DUPLO		TIPO TEMA		AES	
6 DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)	HORIZONTAL		Circulação (Termosif., forçada)		FORÇA DA	
7 NÚMERO DE CARCAÇAS ESTIMADAS	1		Em série / paralelo			
8 CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO						
9 LADO			CASCO		TUBOS	
10 COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)	NÃO		A ND. ACÉTICO		24,92	
11 NATUREZA	VA POR DE Á GUA		MISTURA ORGÂNICA			
12	Entrada		Saída		Entrada Saída	
13 VAZÃO TOTAL	kg/h			379	319	
14 VAZÃO TOTAL DE VAPOR UMIDO	kg/h				319	
15 INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h					
16 VAPOR DE Á GUA	kg/h					
17 HIDROCARBONETOS	kg/h					
18 VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h			379		
19 Á GUA LIVRE	kg/h					
20 HIDROCARBONETOS	kg/h					
21 PROPRIEDADES FASE VAPOR (Húmeda)						
22 PESO MOLECULAR	kg/kmol			117,1	112,1	
23 DENSIDADE @P,T	Kg/m³			5,287	5,18	
24 VISCOSIDADE @T	cP			0,00962	0,001022	
25 CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h mK			0,0145	1,390	
26 CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C			0,342	43,257	
27 PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidro.)						
28 DENSIDADE @P,T	kg/m³			837,3		
29 VISCOSIDADE @T	cSt			0,2558		
30 CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h mK			0,5464		
31 CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C			0,0863		
32 TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm			1609		
33 TEMPERATURA	°C	270	270	170,2	170,2	
34 PRESSÃO DE ENTRADA	kg/cm² g	1,89		1,89		
35 PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm²	0,7		0,7		
36 FATOR DE DEPOSIÇÃO	m² h°C / kcal			0,000964		
37 CALOR TROCA DO	Gcal/h	0,00167		0,00167		
38 VAZÃO E CALOR TROCA DO MÁX.	%	110		110		
39 PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.	kg/cm²	0,77		0,77		
40 CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO						
41 CONDIÇÕES DE...		Pressão	Temperatura	Pressão	Temperatura	
42 PROJETO MECÂNICO	kg/cm² g ; °C			3,68	200	
43 PROJETO MECÂNICO A VAZIO	kg/cm² g ; °C					
44 A MINIMA TEMPERATURA	kg/cm² g ; °C					
45	kg/cm² g ; °C					
46 FLUSHING OU STEAM OUT	kg/cm² g ; °C					
47 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS E LIMITAÇÕES NO PROJETO TÉRMICO (1)						
48 MÁX. DIÂMETRO CASCO (60 polegadas)		MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)				
49 DIÂMETRO EXTERIOR TUBOS (3/4 polegada)		MÍNIMO ESPESSURA (BWG)				
50 COMPRIMENTO TUBOS (20 ft)		PITCH (1 polegada) / TIPO		△ □ ◇		
51 VEL. MÁX. / MIN. PERMITIDA TUBOS (m/s)		VEL. MÁX. / MIN. PERM. CASCO (m/s)				
52 NOTAS :						
53 (1)						
54						
55	U = 732,325 Kcal/(hm²°C)					
56	Área de troca de 0,010503 m²					
57	Curvas de condensação/vaporização em folha anexo se procede.					
58	Para materiais ver folha de seleção de materiais.					
Rev.	Por					
Data	Aprovado					

PROJETO:	Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde			EQUIPAMENTO n	E - 5		
UNIDADE:	Condensador da coluna C-12			Pág.	1	de	1
TROCADORES DE CALOR							
1 CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
2 EQUIPAMENTO Nº	E - 5						
3 CASO DE DESENHO	Condensador						
4 SERVIÇO	Condensar a corrente de vapor ascendente						
5 TIPO (casco-tubos / placas / tubo duplo)	TUBO DUPLO		TIPO TEMA		AES		
6 DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)	HORIZONTAL		Circulação (Termosif., forçada)		FORÇADA		
7 NÚMERO DE CARÇAÇAS ESTIMADAS	1		Em série / paralelo				
8 CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO							
9 LADO			CASCO		TUBOS		
10 COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)							
11 NATUREZA							
12			Entrada	Salida	Entrada	Salida	
13 VAZÃO TOTAL	kg/h				81	73	
14 VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO	kg/h				81		
15 INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h						
16 VAPOR DE ÁGUA	kg/h						
17 HIDROCARBONETOS	kg/h						
18 VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h					73	
19 ÁGUA LIVRE	kg/h						
20 HIDROCARBONETOS	kg/h						
21 PROPRIEDADES FASE VAPOR (Húmeda)							
22 PESO MOLECULAR	kg/kmol				128,6	121,8	
23 DENSIDADE @P,T	Kg/m³				3,114	3,055	
24 VISCOSIDADE @T	cP				0,008341	0,008318	
25 CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K				0,02032	0,01825	
26 CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C				0,4194	0,4263	
27 PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidroc.)							
28 DENSIDADE @P,T	kg/m³					761,9	
29 VISCOSIDADE @T	cSt					0,2419	
30 CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K					0,108	
31 CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C					0,233	
32 TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm					504,1	
33 TEMPERATURA	°C	21	49		173,9	158,5	
34 PRESSÃO DE ENTRADA	kg/cm² g	0,92			0,92		
35 PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm²	0,7			0,7		
36 FATOR DE DEPOSIÇÃO	m² h°C / kcal						
37 CALOR TROCADO	Kcal/h				70,45602294		
38 VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.	%	110			110		
39 PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.	kg/cm²	0,77			0,77		
40 CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO							
41 CONDIÇÕES DE...		Pressão	Temperatura	Pressão	Temperatura		
42 PROJETO MECÂNICO	kg/cm² g ; °C	3,5	80	3,5	200		
43 PROJETO MECÂNICO A VAZIO	kg/cm² g ; °C						
44 À MÍNIMA TEMPERATURA	kg/cm² g ; °C						
45	kg/cm² g ; °C						
46 FLUSHING OU STEAM OUT	kg/cm² g ; °C						
47 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y LIMITACIONES NO PROJETO TÉRMICO (1)							
48 MÁX. DIÂMETRO CASCO (60 polegadas)		MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)					
49 DIÂMETRO EXTERIOR TUBOS (3/4 pulgada)		MÍNIMO ESPESSURA (BWG)					
50 COMPRIMENTO TUBOS (20 ft)		PITCH (1 pulgada) / TIPO		△ □ ◇			
51 VEL. MÁX./ MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)		VEL. MÁX./ MÍN. PERM.CASCO (m/s)					
52 NOTAS :							
53	U = 732,325 Kcal/(hm²°C)						
54	Área de troca de 0,0012 m²						
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO :	Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde			EQUIPAMENTO n	E - 6	
UNIDADE :	Refrervador da coluna C-12			Pág.	1	de 1
TROCADORES DE CALOR						
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
1	EQUIPAMENTO Nº			E - 6		
2	CASO DE DESENHO			Refrervador		
3	SERVIÇO			Vaporizar a corrente de líquido descendente		
4	TIPO (casco-tubos / placas / tubo duplo)			TUBO DUPLO	TIPO TEMA	AES
5	DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)			HORIZONTAL	Circulação (Termosif., forçada)	FORÇADA
6	NÚMERO DE CARÇAÇAS ESTIMADAS			Em série / paralelo		
7	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO					
8	LADO		CASCO		TUBOS	
9	COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)					
10	NATUREZA					
11			Entrada	Salida	Entrada	Salida
12	VAZÃO TOTAL	kg/h			155	112
13	VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO	kg/h				112
14	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h				
15	VAPOR DE ÁGUA	kg/h				
16	HIDROCARBONETOS	kg/h				
17	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h			155	
18	ÁGUA LIVRE	kg/h				
19	HIDROCARBONETOS	kg/h				
20	PROPRIEDADES FASE VAPOR (Húmida)					
21	PESO MOLECULAR	kg/kmol			175,5	176,1
22	DENSIDADE @P,T	kg/m³			4,52	4,531
23	VISCOSIDADE @T	cP			0,008343	0,008326
24	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K			0,02569	0,02564
25	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C			0,5151	0,5154
26	PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidroc.)					
27	DENSIDADE @P,T	kg/m³			737,5	
28	VISCOSIDADE @T	cSt			0,1804	
29	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K			0,0901	
30	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C			0,598	
31	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm			13,64	
32	TEMPERATURA	°C	390	287,9	287,3	287,9
33	PRESSÃO DE ENTRADA	kg/cm² g	1,224		1,224	
34	PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm²	0,7		0,7	
35	FATOR DE DEPOSIÇÃO	m² h°C / kcal				
36	CALOR TROCADO	kcal/h			15,56892925	
37	VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.	%	110		110	
38	PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.	kg/cm²	0,77		0,77	
39	CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO					
40	CONDIÇÕES DE...		Pressão	Temperatura	Pressão	Temperatura
41	PROJETO MECÂNICO	kg/cm² g ; °C	42	420	3,5	320
42	PROJETO MECÂNICO A VAZIO	kg/cm² g ; °C				
43	À MÍNIMA TEMPERATURA	kg/cm² g ; °C				
44		kg/cm² g ; °C				
45	FLUSHING OU STEAM OUT	kg/cm² g ; °C				
46	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y LIMITACIONES NO PROJETO TÉRMICO (1)					
47	MÁX. DIÂMETRO CASCO (60 polegadas)		MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)			
48	DIÂMETRO EXTERIOR TUBOS (3/4 pulgada)		MÍNIMO ESPESSURA (BWG)			
49	COMPRIMENTO TUBOS (20 ft)		PITCH (1 pulgada) / TIPO		△ □ ◇	
50	VEL. MÁX./ MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)		VEL. MÁX./ MÍN. PERM.CASCO (m/s)			
51	NOTAS :					
52	U = 732,325 Kcal/(hm °C)					
53	Área de troca de 0,001734 m²					
54						
55						
56						
57						
58						
	Rev.	Por				
	Data	Aprovado				

PROJETO :		Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde			EQUIPAMENTO nº		E-7	
UNIDADE :					Pág.	1	de	1
TROCADORES DE CALOR								
CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO								
1	EQUIPAMENTO Nº			E-7				
2	CASO DE DESENHO							
3	SERVIÇO			Resfriamento da saída do reator de terceira reação				
4	TIPO (casco-tubos / placas / tubo duplo)			Tubo Duplo		TIPO TEMA		AES
5	DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)			Horizontal		Circulação (Termosif., forçada)		Forçada
6	NÚMERO DE CARÇAÇAS ESTIMADAS			1		Em série / paralelo		Não se aplica
CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO								
7	LADO			CASCO		TUBOS		
8	COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)			Não contém		Não contém		Não contém
9	NATUREZA			Vapor de baixa pressão		Hidrocarboneto		
10				Entrada		Saída		
11	VAZÃO TOTAL			kg/h				96,33
12	VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO			kg/h				96,33
13	INCONDENSÁVEIS (N2,...)			kg/h				
14	VAPOR DE ÁGUA			kg/h				
15	HIDROCARBONETOS			kg/h				
16	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO			kg/h				45,51
17	ÁGUA LIVRE			kg/h				45,51
18	HIDROCARBONETOS			kg/h				45,51
19	PROPRIEDADES FASE VAPOR (Húmida)							
20	PESO MOLECULAR			kg/kmol		18,02		18,2
21	DENSIDADE @P,T			Kg/m³				191,80
22	VISCOSIDADE @T			cP				
23	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T			kcal/h m K				
24	CALOR ESPECÍFICO @T			kcal/kg °C				
25	PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidroc.)							
26	DENSIDADE @P,T			kg/m³		983,2		983,2
27	VISCOSIDADE @T			cSt		0,474578		0,474578
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T			kcal/h m K		0,00049896		0,00049896
29	CALOR ESPECÍFICO @T			kcal/kg °C		1		1
30	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T			dynas/cm		65		65
31	TEMPERATURA			°C		20		25
32	PRESSÃO DE ENTRADA			kg/cm² g				
33	PERDA DE CARGA PERMITIDA			kg/cm²				1,7328
34	FATOR DE DEPOSIÇÃO			m² h°C / kcal				0,00915
35	CALOR TROCADO			Gcal/h				0,00221
36	VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.			%				
37	PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.			kg/cm²				
CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO								
38	CONDIÇÕES DE...			Pressão		Temperatura		Pressão
39	PROJETO MECÂNICO			kg/cm2 g ; °C				
40	PROJETO MECÂNICO A VAZIO			kg/cm2 g ; °C				
41	À MÍNIMA TEMPERATURA			kg/cm2 g ; °C				
42				kg/cm2 g ; °C				
43	FLUSHING OU STEAM OUT			kg/cm2 g ; °C				
CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y LIMITACIONES NO PROJETO TÉRMICO (1)								
44	MÁX. DIÂMETRO CASCO (60 polegadas)					MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)		
45	DIÂMETRO EXTERIOR TUBOS (3/4 pulgada)					MÍNIMO ESPESSURA (BWG)		
46	COMPRIMENTO TUBOS (20 ft)					PITCH (1 pulgada) / TIPO		
47	VEL. MÁX./MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)					VEL. MÁX./MÍN. PERM.CASCO (m/s)		
NOTAS :								
48	(1)	Anotar se há limitações diferentes às normais indicadas e/ou requerimentos de processo.						
49		U = 515,907 Kcal/(hm²°C)						
50		Área de troca de 0,159313 m²						
51		Curvas de condensação/vaporização em folha anexe se procede.						
52		Para materiais ver folha de seleção de materiais.						
Rev.		Por						
Data		Aprovado						

PROJETO : Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde		Instrumentos de vazão													
UNIDADE :		Pág. 1 de 3													
INSTRUMENTOS DE VAZÃO															
1	INSTRUMENTO Nº	FI - 001	FI - 002	FI - 003	FI - 004	FI - 005	FI - 006	FI - 007	FI - 008	FI - 009	FI - 010	FI - 011	FI - 012	FI - 013	FI - 015
2	SERVIÇO	C-1	C-1	P-1	C-3	P-2	P-3	C-5	P-5	P-6	S-1	C-8	E-1	P-8	C-11
3	CASO DE PROJETO														
4	DATOS GERAIS DE OPERAÇÃO														
5	NATUREZA DO FLUIDO	AC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC
6	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS (% peso / ppm)	100													
7	FASE (1)	G	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
8	VAZÃO NORMAL LÍQUIDO @ 15,4 °C	m³/h	0,0571	0,0571	0,0477	0,0477	0,1027	0,352	0,0978	0,0978	0,0978	0,0978		0,206	0,0551
9	GAS @ 0°Cy 1 atm.	Nm³/h													
10	VAPOR DE AGUA	kg/h													
11	VAZÃO MÍNIMA / MÁXIMA	%													
12	TEMPERATURA ENTRADA	°C	25	25	25	25	80,11	17,57	25,07	25	25	25	70	135,4	251,9
13	PRESSÃO ENTRADA	kg/cm² g	0,2	0,2	0,2	0,2	1,74	1,03	1,96	1,96	1,03	1,34	1,03	1,19	1,89
14	PROPRIEDADES DO FLUIDO														
15	PESO MOLECULAR GAS	20,01	102,1	102,1	134,2	134,2	112,8	24,51	126,9	126,9	126,9	126,9	18,02	166,1	166,1
16	DENSIDADE LÍQUIDO @15,4 °C	Sp. Gr.													
17	POUR POINT DO LÍQUIDO	°C													
18	DENSIDADE @ P, T	kg/m³	0,1614	1073	1073	849,5	968,3	1043	1002	1002	1002	1002	983,19	88,6	752,5
19	VISCOSIDADE @ T	cP (G) / cSt (L)	0,00514	0,8038211	0,8038211	0,9883461	0,8571724	1,5321189	1,7894212	1,789421	1,789421	1,789421	0,4745777	0,2683	0,2874419
20	CARACTERÍSTICAS DO INSTRUMENTO														
21	TPO ELEMENTO PRIMÁRIO														
22	SITUAÇÃO (2)														
23	PONTOS CONSIGNA (VAZÃO NORMAL : 100%)														
24	ALARME ALTO / MUITO ALTO	%													
25	ALARME BAIXO / MUITO BAIXO	%													
26	ENCRAVAMENTO ALTO / BAIXO	%													
27	TRACEJADO / DIAFRAGMA / FLUSHING														
28	LOCALIZADO EM TAMANHO / IDENTIFICAÇÃO TUBULAÇÃO														
29	NOTAS :														
30	(1)	Especificar se é gas (G), líquido (L) ou vapor de água (V).													
32	(2)	Indicar se o instrumento é local (L), painel (P) ou painel local (PL).													
	Rev.	Por													
	Data	Aprovado													

PROJETO :		Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde										Instrumentos de vazão			
UNIDADE:												Pág.	2	de	3
INSTRUMENTOS DE VAZÃO															
1	INSTRUMENTO Nº	FI - 016	FI - 017	FI - 018	FI - 019	FI - 020	FI - 021	FI - 022	FI - 023	FI - 024	FI - 025	FI - 027	FI - 028	FI - 029	FI - 030
2	SERVIÇO	P-9	P-10	E-6	C-14	P-11	C-15	P-13	C-16	P-14	C-17	E-9	C-20	S-3	C-21
3	CASO DE PROJETO														
DATOS GERAIS DE OPERAÇÃO															
4															
5	NATUREZA DO FLUIDO	HC	HC		HC	HC	HC	AC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC
6	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS (% peso / ppm p)														
7	FASE (1)	L	L	L	L	L	L	G	L	L	L	L	L	L	L
8	VAZÃO NORMAL LÍQUIDO @ 15,4 °C	0,0551	0,179		0,0384	0,0384	0,2199	0,0168	0,0453	0,0453	0,2929		0,042	0,042	0,042
9	GAS @ 0°C y 1 atm														
10	VAPOR DE ÁGUA														
11	VAZÃO MÍNIMA / MÁXIMA														
12	TEMPERATURA ENTRADA	251,9	158,5	25	67,4	67,4	125	25	25	25	25	70	25	25	25
13	PRESSÃO ENTRADA	1,75	0,92	1,03	1,03	1,33	1,03	1,03	1,03	1,33	1,03	1,03	1,03	1,33	1,03
PROPRIEDADES DO FLUIDO															
14															
15	PESO MOLECULAR GAS	166,1	166,1	18,02	178,2	178	239,15	36,46	191,8	191,8	279,91	18	206,3	206,3	206,3
16	DENSIDADE LÍQUIDO @15,4 °C														
17	POUR POINT DO LÍQUIDO														
18	DENSIDADE @ P, T	752,5	739	983,19	959,4	959,4	1076	1,116	1076	1076	885,29136	983,19	1218	1218	1218
19	VISCOSIDADE @T	0,2874419	0,368	0,4745777	1,4498645	1,44986	0,7770446	0,0183	0,7770446	0,7770446	0,5469217	0,4745777	1,2635468	1,2635468	1,2635468
CARACTERÍSTICAS DO INSTRUMENTO															
20															
21	TIPO ELEMENTO PRIMÁRIO														
22	SITUAÇÃO (2)														
23	PONTOS CONSIGNA (VAZÃO NORMAL : 100%)														
24	ALARME ALTO / MUITO ALTO														
25	ALARME BAIXO / MUITO BAIXO														
26	ENCRAVAMENTO ALTO / BAIXO														
27	TRAVEJADO / DIAFRAGMA / FLUSHING														
28	LOCALIZADO EM TAMANHO / IDENTIFICAÇÃO TUBULAÇÃO														
NOTAS :															
29															
30	(1)	Especificar se é gas (G), líquido (L) ou vapor de água (V).													
31	(2)	Indicar se o instrumento é local (L), painel (P) ou painel local (PL).													
	Rev.														
	Data														
	Por														
	Aprovado														

PROJETO : UNIDADE :		Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde										Instrumentos de vazão				
												Pág.	3	de	3	
INSTRUMENTOS DE VAZÃO																
1	INSTRUMENTO Nº		FI - 031	FI - 032	FI - 033	FI - 034	FI - 035	FI - 036	FI - 037	FI - 038	FI - 039	FI - 040	FI - 041	FI - 042	FI - 043	FI - 044
2	SERVIÇO		C-23	C-25	P-20	C-26	P-21	C-30	C-31	C-32	P-26	C-33	C-34	C34	C-26	P-26
3	CASO DE PROJETO															
4	DATOS GENERALES DE OPERACIÓN															
5	NATURZA DO FLUIDO			BA	BA	AC	AC	AC	HC	HC	HC		AC	AC	AC	AC
6	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS (% peso / ppm p)															
7	FASE (1)		M	L	L	L	L	L	L	L	L	G	G	G	L	L
8	VAZÃO NORMAL LÍQUIDO @ 15,4 °C		0,5002	0,2522	0,2522	0,0091	0,0091	0,0426	0,0097	0,1011	0,1011	0,0625	0,0168	0,0168	0,2476	0,2476
9	GAS @ 0°C y 1 atm.															
10	VAPOR DE AGUA															
11	VAZÃO MÍNIMA / MÁXIMA															
12	TEMPERATURA ENTRADA		80	25	25	25	25	119,7	158,5	25	25	70	125	125	25	25
13	PRESSÃO ENTRADA		0,2	1,03	1,03	1,03	1,33	1,19	0,92	1,03	1,33	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
14	PROPIEDADES DO FLUIDO															
15	PESO MOLECULAR GAS		60	18,7	18,7	88,11	88,11	99,54	128,6	78,11	78,11	28,01	36,46	36,46	88,11	88,11
16	DENSIDADE LÍQUIDO @ 15,4 °C															
17	POUR POINT DO LÍQUIDO															
18	DENSIDADE @ P, T		2788	1031	1031	890,4	890,4	892,1	761,9	872,2	872,2	0,9948	1,116	1,116	890,4	890,4
19	VISCOSIDADE @ T		0,2275	0,9008729	0,9008729	0,4714735	0,4714735	0,3155476	0,317102	0,6935336	0,6935336	0,0202	0,0183	0,0183	0,4714735	0,4714735
20	CARACTERÍSTICAS DO INSTRUMENTO															
21	TIPO ELEMENTO PRIMÁRIO															
22	SITUAÇÃO (2)															
23	PONTOS CONSIGNA (VAZÃO NORMAL : 100%)															
24	ALARME ALTO / MUITO ALTO															
25	ALARME BAIXO / MUITO BAIXO															
26	ENCRAVAMENTO ALTO / BAIXO															
27	TRAVEJADO / DIAFRAGMA / FLUSHING															
28	LOCALIZADO EM TAMANHO / IDENTIFICAÇÃO TUBULAÇÃO															
29	NOTAS :															
30	(1)	Especificar se é gas (G), líquido (L) ou vapor de água (V).														
34	(2)	Indicar se o instrumento é local (L), painel (P) ou painel local (PL).														
	Rev.		Por													
	Data		Aprovado													

PROJETO :		Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde										Instrumentos de NÍVEL			
UNIDADE :												Pág. 1 de 2			
INSTRUMENTOS DE NÍVEL															
1	INSTRUMENTO Nº	LI - 001	LI - 002	LI - 003	LI - 004	LI - 005	LI - 006	LI - 007	LI - 009	LI - 010	LI - 011	LI - 012	LI - 013	LI - 014	
2	SERVIÇO	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9	C-10	C-11	C-12	C-13	
3	CASO DE PROJETO														
4	DATOS GERAIS DE OPERAÇÃO														
5	NATUREZA DO FLUIDO SUPERIOR / INFERIOR	AC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	
6	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS (% peso / ppm p)	100													
7	TIPO DE INTERFASE (1)														
8	TEMPERATURA	°C	25	25	25	80	25	25	25	170,2	135,4	251,9	158,5	287,9	
9	PRESSÃO	kg/cm² g	0,2	0,2	0,2	1,74	1,03	1,03	1,03	1,89	1,19	1,75	0,92	1,22	
10	PROPRIEDADES DO FLUIDO														
11	DENSIDADE FASE SUP. @ P, T	kg/m³													
12	VISCOSIDADE FASE SUP. @ T	cP / cSt													
13	DENSIDADE FASE SUP. @ P, T	kg/m³													
14	VISCOSIDADE FASE INF. @ T	cP / cSt													
15	CARACTERÍSTICAS DO INSTRUMENTO														
16	TIPO ELEMENTO PRIMARIO	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
17	SITUAÇÃO (2)														
18	PONTOS CONSIGNA (NÍVEL NORMAL :) (3)														
19	ALARME ALTO / MUITO ALTO	3000	2160	2400	1280	640	640	1440	1280	5400	960	1200	2800	280	
20	ALARME BAIXO / MUITO BAIXO	500	540	600	320	160	160	360	320	1300	240	300	700	70	
21	ENCRAVAMENTO ALTO / BAIXO														
22	TRAÇEJADO, FLUSHING														
23	LOCALIZADO EM RECIPIENTE														
24	NOTAS :														
25	(1)	Especificar se é líquido - líquido (L-L) ou líquido - vapor (L-V)													
28	(2)	Indicar se o instrumento é local (L), painel (P) ou painel local (PL)													
29	(3)	Indicar o nível normal em mm sobre LT o % intervalo medida e os pontos de consigna de ALARMES e encravamentos nas mesmas unidades													
	Rev.	Por													
	Data	Aprovado													

PROJETO :	Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde															Instrumentos de NÍVEL			
UNIDADE:																Pág. 2 de 2			
INSTRUMENTOS DE NÍVEL																			
1	INSTRUMENTO Nº		LI - 015	LI - 017	LI - 018	LI - 019	LI - 022	LI - 024	LI - 025	LI - 027	LI - 028	LI - 031	LI - 032	LI - 033					
2	SERVIÇO		C-14	C-15	C-16	C-17	C-20	C-21	C-23	C-25	C-26	C-32	C-33	C-34					
3	CASO DE PROJETO																		
4	DATOS GERAIS DE OPERAÇÃO																		
5	NATUREZA DO FLUIDO SUPERIOR / INFERIOR		HC	HC	HC	HC	HC	HC	AC	BA	AC	HC		AC					
6	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS (% peso / ppm p)																		
7	TIPO DE INTERFASE (1)																		
8	TEMPERATURA		°C	125	25	25	25	25	80	25	25	25	70	125					
9	PRESSÃO		kg/cm ² g	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	0,2	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03					
10	PROPRIEDADES DO FLUIDO																		
11	DENSIDADE FASE SUP. @ P, T		kg/m ³																
12	VISCOSIDADE FASE SUP. @ T		cP / cSt																
13	DENSIDADE FASE SUP. @ P, T		kg/m ⁵																
14	VISCOSIDADE FASE INF. @ T		cP / cSt																
15	CARACTERÍSTICAS DO INSTRUMENTO																		
16	TIPO ELEMENTO PRIMARIO		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P					
17	SITUAÇÃO (2)																		
18	PONTOS CONSIGNA (NÍVEL NORMAL :) (3)																		
19	ALARME ALTO / MUITO ALTO		mm	2240	720	2240	1280	1920	2160	3840	3840	2880	10240	3680					
20	ALARME BAIXO / MUITO BAIXO		mm	560	180	560	320	480	540	960	960	720	2560	920					
21	ENCRAVAMENTO ALTO / BAIXO		mm																
22	TRACEJADO, FLUSHING																		
23	LOCALIZADO EM RECIPIENTE																		
24	NOTAS :																		
25	(1)	Especificar se é líquido - líquido (L-L) ou líquido - vapor (L-V)																	
28	(2)	Indicar se o instrumento é local (L), painel (P) ou painel local (PL)																	
29	(3)	Indicar o nível normal em mm sobre LT o % intervalo medida e os pontos de consigna de ALARMES e encravamentos nas mesmas unidades																	
	Rev.	Por																	
	Data	Aprovado																	

[illegible]

PROJETO:		Instrumentos de PRESSÃO												
UNIDADE:		Pág. 2 de 6												
INSTRUMENTOS DE PRESSÃO														
1	INSTRUMENT Nº	SERVIÇO	CASO DE PROJETO	DATOS GERAIS DE OPERAÇÃO (2)		CARACTERÍSTICAS INSTRUMENTO				LOCALIZAÇÃO / RECIPIENTE				
2				NATUREZA FLUIDO	COMPUERT CORROSIVOS O TOXICOS	FASE (1)	TEMP. (°C)	PRES. (kg/cm² g)		PONTOS CONSIGNA. (kg/cm2 g)			TRAC. (sm /não)	
3								MÍN	NORML	MAX.	PALL	PAH		PAHH
4														
5	PI - 021	C-7		HC		L	25		1,03					
6	PI - 022	C-7		HC		L	25		1,03					
7	PI - 023	P-6		HC		L	25		1,96					
8	PI - 024	S-1		HC		L	25		1,03					
9	PI - 025	S-1		HC		L	25		1,03					
10	PI - 026	C-8		HC		L	25		1,03					
11	PI - 027	C-8		HC		L	25		1,03					
12	PI - 028	P-7		HC		L	25		1,34					
13	PI - 029	E-1		HC		L	65		1,25					
14	PI - 030	E-1		HC		L	65		1,25					
15	PI - 031	E-1				L	25		1,03					
16	PI - 032	E-1				L	25		1,03					
17	PI - 033	E-3		HC		G	135,4		1,19					
18	PI - 034	C-10		HC		L	135,4		1,03					
19	PI - 035	P-8		HC		L	135,4		1,33					
20	PI - 036	E-4		HC		L	170,2							
21	PI - 037	E-4		HC		G	170,2							
22	PI - 038	E-4				L	70		1,03					
23	PI - 039	E-4				L	70		1,03					
24	PI - 040	C-9		HC		L	251,9		1,96					
25	NOTAS:													
26	(1)	Especificar se é gas (G), líquido (L), vapor de agua (V) o mista (M).												
27	(2)	Especificar as condições de operação. Para condições de projeto mecânico referir-se as condições da tubulação ou equipamento associado.												
28	(3)	Indicar se o instrumento é local (L), painel (P) o painel local (PL).												
	Rev.	Por												
	Data	Aprovado												

	PROJETO :											Instrumentos de PRESSÃO				
	UNIDADE:											Pág.	3	de	6	
	INSTRUMENTOS DE PRESSÃO															
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																

PROJETO:		Instrumentos de Pressão																		
UNIDADE:		Pág. 4 de 6																		
INSTRUMENTOS DE PRESSÃO																				
1	INSTRUMENTO Nº	SERVIÇO	CASO DE PROJETO	NATUREZA FLUIDO	COMPLETOS CORROSIVOS O TÓXICOS	FASE (1)	TEMP (°C)	PRES. (kg/cm² g)			SITUAÇÃO (3)	CARACTERÍSTICAS INSTRUMENTO						TRAC. (mm / não)	LOCALIZADO EM TUBULAÇÃO / RECIPIENTE	
								MÍN	NORM.	MAX.		PONTOS CONSIGNA (kg/cm² g)			ALARMES					
2	3	4										PAL	PALL	PAH	PAHH	BAIXO	ALTO			
5	PI - 061	E7		HC		L	25		1,03											
6	PI - 062	E7		HC		L	25		1,03											
7	PI - 063	P-13		AC		G	25		1,03											
8	PI - 064	P-13		AC		G	25		1,03											
9	PI - 065	P-13		AC		G	25		1,33											
10	PI - 066	C-16		HC		L	25		1,03											
11	PI - 067	C-16		HC		L	25		1,03											
12	PI - 068	P-14		HC		L	25		1,33											
15	PI - 069	C-17		HC		L	25		1,03											
16	PI - 070	C-17		HC		L	25		1,03											
17	PI - 071	P-15		HC		L	25		1,33											
18	PI - 081	C-20		HC		L	25		1,03											
19	PI - 082	C-20		HC		L	25		1,03											
20	PI - 083	C-20		HC		L	25		1,03											
21	PI - 084	P-18		HC		L	25		1,33											
22	PI - 085	S-3		HC		L	25		1,03											
23	PI - 086	C-21		HC		L	25		1,03											
24	PI - 087	C-4		AC		G	80		0,2											
25	PI - 088	C-4		AC		G	80		0,2											
26	PI - 089	C-23				M	80		0,2											
27	NOTAS :																			
28	(1)	Especificar se é gás (G), líquido (L), vapor de água (V) ou mista (M).																		
29	(2)	Especificar as condições de operação. Para condições de projeto mecânico referir-se às condições de tunelização ou equipamento associado.																		
30	(3)	Indicar se o instrumento é local (L), painel (P) ou painel local (PL).																		
	Rev.	Per																		

PROJETO:		Instrumentos de Pressão										Pag. 6 de 6							
UNIDADE:																			
INSTRUMENTOS DE PRESSÃO																			
		DATOS GERAIS DE OPERAÇÃO (2)						CARACTERÍSTICAS INSTRUMENTO											
1		INSTRUMENT N°	SERVIÇO	CASO DE PROJETO	NATURALEZA FLUIDO	COMPUST CORROSIVOS O TÓXICOS	FASE (1)	TEMP (°C)	PRES. (kg/cm² g)			STUAC (3)	PONTOS CONSIGNA (kg/cm² g)				TRAC (sim / não)	LOCALIZADO EM TUBULAÇÃO / RECIPIENTE	
2									MÍN	NORM	MAX		ALARME						
3													PAL	PAH	PAHH	ENCRAV.			
4																BAXO			ALTO
5	PI - 110	C-34			AC		G	125		1,03									
6	PI - 111	P-25			AC		G	125		1,03									
7	PI - 112	C-26			AC		L	25		1,03									
8	PI - 113	C-26			AC		L	25		1,03									
9	PI - 114	P-26			AC		L	25		1,33									
10	NOTAS :																		
11	(1)	Especificar se é gas (G), líquido (L), vapor de agua (V) o mista (M).																	
12	(2)	Especificar se condições de operação. Para condições de projeto mecânico referir-se às condições da tubulação ou equipamento associado.																	
15	(3)	Indicar se o instrumento é local (L), painel (P) o painel local (PL).																	
		Rev.		Por															

[illegible]

PROJETO:		Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde										Instrumentos de temperatura					
UNIDADE:												Pág.	2	de	3		
INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA																	
1	INSTRUMENT Nº	SERVIÇO	CASO DE PROJETO	DATOS GERAIS DE OPERAÇÃO (2)				CARACTERÍSTICAS INSTRUMENTO				LOCALIZADO EM TUBULAÇÃO / RECIPIENTE					
2				NATUREZA FLUIDO	COMPUES CORROSIVOS O TOXICOS	FASE (1)	TEMP. (°C)	TEMPERATURA (°C)			PONTOS CONSIGNA (°C)						
3								MÍN.	NORAL	MÁX.	ALARMES						
4											TAL				TALL	TAH	TAHH
5	TI - 019	C-9		HC		L	251,9										
6	TI - 020	C-11		HC		L	251,9										
7	TI - 021	E-5		HC		G	158,5										
8	TI - 022	C-13		HC		L	158,5										
9	TI - 023	C-13		HC		L	158,5										
10	TI - 024	E-6		HC		L	287,9										
11	TI - 025	E-6		HC		G	287,9										
12	TI - 027	C-12		HC		L	287,9										
13	TI - 028	C-14		HC		L	67,4										
14	TI - 029	S-2		HC		L	67,4										
15	TI - 030	C-15		HC		L	125										
16	TI - 031	E-7		HC		L	25										
17	TI - 032	P-13		AC		G	25										
18	TI - 033	C-16		HC		L	25										
19	TI - 034	C-17		HC		L	25										
20	NOTAS:																
21	(1)	Especificar se é gas (G), líquido (L), vapor de agua (V) o mista (M).															
22	(2)	Especificar se condições de operação. Para condições de projeto mecânico referir-se às condições da tuneluação ou equipamento associado.															
23	(3)	Indicar se o instrumento é local (L), painel (P) o painel local (PL).															
	Rev.		Por														
	Data		Aprovado														

[illegible]

PROJETO : Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde		Válvula de CONTROLE										
UNIDADE:		Pág. 1 de 6										
VÁLVULAS DE CONTROLE												
CARACTERÍSTICAS GERAIS												
1			FCV - 001	FCV - 002	FCV - 003	FCV - 004	FCV - 005	FCV - 006	FCV - 007			
2	Nº DE VÁLVULA		C-1	C-2	C-3	E-1	C-4	P-3	C-5			
3	SERVIÇO											
4	CASO											
5	LOCALIZAÇÃO EM P&ID											
CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO												
6												
7			ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA
8	NATUREZA DO FLUIDO		AC		HC		HC		HC		HC	
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS	% p / ppm p	100									
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	62	62	40,88	40,88	102,9	102,9	102,9	102,9	361,7	361,7
11	VAZÃO NORMAL DE GAS	kg/h	302,2	302,2								
12	VAZÃO NORMAL DE VAPOR DE ÁGUA	kg/h										
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO	%										
14	TEMPERATURA	°C	25	25	25	25	25	5	5	80	80	17,57
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m³		1073	849,5	849,5	1012	988,3	988,3	988,3	1043	1043
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt		0,8033551	0,9883461	0,9883461	1,1462451	0,8583084	0,8583084	0,8583084	1,532189	1,532189
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm² a										
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm² a										
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-										
20	DENSIDADE DE GAS @P, T	kg/m³	0,1614	0,1614								
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-										
22	Qp / Qv	-	1,399	1,399	3,616	3,616	1,253	1,253	1,786	1,627	1,626	1,147
NOTAS :												
23	Válvula estagnada significa classe V o VI.											
24	(1)	Indicar se por razões de processo ou segurança deve limitar-se a abertura da válvula										
25	(2)	Especificar a posição de segurança a válvula: FA (falha abre), FC (falha fecha) o FP (falha mantém a posição)										
26	(3)	Indicar se é Linear, Isopercentual ou abertura Rápida										
27	(4)	Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA, poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.										
28	(5)											
	Rev.	Por										
	Data	Aprovado										

PROJETO :	Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde										Válvula de CONTROLE										
UNIDADE :											Pág. 2 de 6										
VÁLVULAS DE CONTROLE																					
CARACTERÍSTICAS GERAIS																					
1			FCV - 008		FCV - 009		FCV - 010		FCV - 011		FCV - 012		FCV - 013		FCV - 014						
2	Nº DE VÁLVULA		C-6		C-7		S-1		C-8		E-2		E-2		C-10						
3	SERVIÇO																				
4	CASO																				
5	LOCALIZADA EM P&ID																				
CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO																					
6																					
7			ENTRADA		SAÍDA		ENTRADA		SAÍDA		ENTRADA		SAÍDA		ENTRADA		SAÍDA				
8	NATUREZA DO FLUIDO		HC		HC		HC		HC		HC		HC		HC		HC				
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS																				
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO		kg/h		96.33		96.33		96.33		96.33		96.33		18.25		18.25				
11	VAZÃO NORMAL DE GAS		kg/h																		
12	VAZÃO NORMAL DE VAPORES DE ÁGUA		kg/h																		
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO		%																		
14	TEMPERATURA		°C		25		25		25		25		25		65		134.5				
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @ P, T		kg/m³		1002		1002		1002		1002		1009		983.19		88.6				
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @ P, T		cSt		1.7914172		1.7914172		1.7914172		1.7914172		1.7914172		0.9981466		0.2683				
17	PRESSÃO DE VAPORES DO LÍQUIDO @ T		kg/cm² a																		
18	PRESSÃO CRÍTICA		kg/cm² a																		
19	PESO MOLECULAR DO GAS		-																		
20	DENSIDADE DO GAS @ P, T		kg/m³																		
21	COMPRESSIBILIDADE Z @ P, T		-																		
22	Cp / Cv		-		1.539		1.539		1.539		1.539		1.539		1.549						
NOTAS :																					
23	Válvula estagnada significa classe V o VI.																				
24	(1) Indicar se por razões de segurança deve limitar-se a abertura da válvula																				
25	(2) Especificar a posição de segurança a válvula: FA (falha abre), FC (falha fecha) o FP (falha mantém a posição)																				
26	(3) Indicar se é Linear, Isopercentual ou abertura Rápida																				
27	(4) Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA, poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.																				
28	(5) Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA, poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.																				
	Rev.		Por																		
	Data		Aprovado																		

PROJETO: Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde		Válvula de CONTROLE									
UNIDADE:		Pág. 3 de 6									
VÁLVULAS DE CONTROLE											
CARACTERÍSTICAS GERAIS											
1			FCV - 015	FCV - 016	FCV - 017	FCV - 018	FCV - 019	FCV - 020	FCV - 021		
2	Nº DE VÁLVULA		C-9	C-9	C-11	C-13	C-12	C-12	C-14		
3	SERVIÇO										
4	CASO										
5	LOCALIZADA EMP&D										
CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO											
6											
7			ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA	
8	NATUREZA DO FLUIDO		HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS										
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	% p / ppm	18,25	18,25	18,25	18,25	41,46275	41,46275	132,281	132,281	38,38
11	VAZÃO NORMAL DE GAS	kg/h									
12	VAZÃO NORMAL DE VAPOR DE AGUA	kg/h									
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO	%									
14	TEMPERATURA	°C	135,4	135,4	135,4	135,4	251,9	251,9	158,5	158,5	67,4
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m³	88,6	88,6	88,6	88,6	752,5	752,5	739	739	959,4
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt	0,2683	0,2683	0,2683	0,2683	0,28744	0,28744	0,368	0,368	1,4498645
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm² a									
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm² a									
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-									
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m³									
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-									
22	Qp / Cv	-								1,223	1,223
NOTAS:											
23			Válvula esmagada significa classe V o VI.								
24	(1)		Indicar se por razões de processo ou segurança deve limitar-se a abertura da válvula								
25	(2)		Especificar a posição de segurança a válvula: FA (falha abre), FC (falha fecha) o FP (falha mantém a posição)								
26	(3)		Indicar se é Linear Isopercentual ou abertura Rápida								
27	(4)		Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.								
28	(5)										
	Rev.	Por									
	Data	Aprovado									

PROJETO :	Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde										Válvula de CONTROLE										
UNIDADE:											Pág. 4 de 6										
VÁLVULAS DE CONTROLE																					
CARACTERÍSTICAS GERAIS																					
1																					
2	Nº DE VÁLVULA	FCV - 022		FCV - 023		FCV - 024		FCV - 025		FCV - 026		FCV - 027		FCV - 031							
3	SERVIÇO	S-2		C-15		E-7		P-13		C-16		C-17		C-20							
4	CASO																				
5	LOCALIZADA EM P&ID																				
CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO																					
6																					
7			ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA					
8	NATUREZA DO FLUIDO	HC		HC		HC		HC		HC		HC		HC		HC					
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS																				
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h		38,38	38,38	45,51	45,51	45,51	45,51	14,65	14,65	45,51	45,51	45,51	45,51	42,52	42,52				
11	VAZÃO NORMAL DE GAS	kg/h																			
12	VAZÃO NORMAL DE VAPORES DE ÁGUA	kg/h																			
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO	%																			
14	TEMPERATURA	°C		67,4	67,4	125	125	125	125	25	25	25	25	25	25	25	25				
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @ P, T	kg/m³		959,4	959,4	1076	1076	1076	1076	1,116	1,116	1076	1076	1076	1076	1218	1218				
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @ P, T	cSt		1,4498645	1,4498645	0,7770446	0,7770446	0,7770446	0,7770446	0,183	0,183	0,7770446	0,7770446	0,7770446	0,7770446	1,2635468	1,2635468				
17	PRESSÃO DE VAPORES DO LÍQUIDO @ T	kg/cm² a																			
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm² a																			
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-																			
20	DENSIDADE DO GAS @ P, T	kg/m³																			
21	COMPRESSIBILIDADE Z @ P, T	-																			
22	Cp / Cv	-		1,223	1,223	1,961	1,961	1,961	1,961	1,392	1,392	1,961	1,961	1,961	1,961	2,021	2,021				
NOTAS :																					
23	Válvula estagnada significa classe V o VI.																				
24	(1)	Indicar se por razões de processo ou segurança deve limitar-se a abertura da válvula																			
25	(2)	Especificar a posição de segurança a válvula: FA (falha abre), FC (falha fecha) o PP (falha mantém a posição)																			
26	(3)	Indicar se é Linear, Isopercentual ou abertura Rápida																			
27	(4)	Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA, poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.																			
28	(5)																				
	Rev.	Por																			
	Data	Aprovado																			

PROJETO : Produção Industrial de ibuprofeno via síntese verde		Válvula de CONTROLE									
UNIDADE :		Pág. 5 de 6									
VÁLVULAS DE CONTROLE											
CARACTERÍSTICAS GERAIS											
1			FCV - 032	FCV - 033	FCV - 034	FCV - 035	FCV - 036	FCV - 037	FCV - 038		
2	Nº DE VÁLVULA			C-4	C-23	C-25	C-26	P-22	P-23		
3	SERVIÇO		S-3								
4	CASO										
5	LOCALIZADA EM/PRID										
CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO											
7		ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA
8	NATUREZA DO FLUIDO	HC		HC		HC		HC		HC	
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS	% p / ppm									
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	42,52	42,52		634,6	258,8	8,264	44,46	8,584	8,584	8,584
11	VAZÃO NORMAL DE GAS			302,2							
12	VAZÃO NORMAL DE VAPORES DE AGUA										
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO										
14	TEMPERATURA	25	25	80	80	25	25	119,7	18,5	158,5	158,5
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	1218	1218		2788	1031	890,4	892,1	761,9	761,9	761,9
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	1,2635468	1,2635468		0,0592539	0,9008729	0,4714735	0,3155476	0,3174957	0,3174957	0,3174957
17	PRESSÃO DE VAPORES DO LÍQUIDO @T										
18	PRESSÃO CRÍTICA										
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-	-								
20	DENSIDADE DE GAS @P, T			0,1363	0,1363						
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-	-								
22	Qp / Cv	-	-	2,021	2,021	1,399	1,399	1,123	1,408	2,162	1,03
NOTAS :											
24	(1)	Válvula estagiada significa classe V o VI.									
25	(2)	Indicar se por razões de processo ou segurança deve limitar-se a abertura da válvula									
26	(3)	Especificar a posição de segurança a válvula: FA (falha abre), FC (falha fecha) o FP (falha mantém a posição)									
27	(4)	Indicar se é Linear, Isopercentual ou abertura Rápida									
28	(5)	Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.									
	Rev.	Por									
	Data	Aprovado									

PROJETO :	Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde										Válvula de CONTROLE					
UNIDADE :											Pág.		6	de	6	
VÁLVULAS DE CONTROLE																
CARACTERÍSTICAS GERAIS																
1					FCV - 039		FCV - 040		FCV - 041		FCV - 042					
2	Nº DE VÁLVULA				C-32		C-33		C-34		C-26					
3	SERVIÇO															
4	CASO															
5	LOCALIZADA EM P&ID															
6	CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO															
7			ENTRADA		SAÍDA		ENTRADA		SAÍDA		ENTRADA		SAÍDA			
8	NATUREZA DO FLUIDO				HC				HC				HC		HC	
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS				% p / ppm p											
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO				kg/h		89,2		89,2		14,66		14,66		224	
11	VAZÃO NORMAL DE GAS				kg/h				50		50					
12	VAZÃO NORMAL DE VAPORES DE AGUA				kg/h											
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO				%											
14	TEMPERATURA				°C		25		25		70		125		25	
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T				kg/m³		872,2		872,2		1,116		1,116		890,4	
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T				cSt		0,6935336		0,6935336		0,183		0,183		0,4714735	
17	PRESSÃO DE VAPORES DO LÍQUIDO @T				kg/cm² a											
18	PRESSÃO CRÍTICA				kg/cm² a											
19	PESO MOLECULAR DO GAS				-											
20	DENSIDADE DO GAS @P, T				kg/m³				0,9948		0,9948					
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T				-											
22	Cp / Cv				-		1,933		1,933		1,399		1,392		1,408	
23	NOTAS :															
24	(1)		Válvula estagnada significa classe V o VI.													
25	(2)		Indicar se por razões de processo ou segurança deve limitar-se a abertura da válvula													
26	(3)		Especificar a posição de segurança a válvula: FA (falha abre), FC (falha fecha) o FP (falha mantém a posição)													
27	(4)		Indicar se é Linear, Isopercentual ou abertura Rápida													
28	(5)		Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.													
Rev.			Por													
Data			Aprovado													

PROJETO : Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				Válvulas de segurança			
UNIDADE :				Pág. 1 de 13			
VÁLVULAS DE SEGURANÇA							
1 CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2 VÁLVULA Nº				PSV - 1			
3 Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)				1			
4 EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)				C - 4			
5 PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO		kg/cm ² g	0,203943				
6 TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO		°C	80				
7 PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO		kg/cm ² g	3,5				
8 TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO		°C	110				
9 NATUREZA DO FLUIDO				Mistura orgânica			
10 COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS (% peso / ppm p)							
11 CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)				Fogo	Falha serviço	Bloqueio	
12 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA ENTRADA DA VÁLVULA							
13 PRESSÃO DE ACIONAMENTO		kg/cm ² g	3,5		3,5		
14 MÁXIMA SOBREPRESSÃO		%	10		10		
15 PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESS		kg/cm ² g	3,85		3,85		
16 TEMPERATURA DE DESCARGA		°C	110		110		
17 VAZÃO DE DESCARGA GÁS OU VAPOR		kg/h	562,6865375		376,1		
18 PESO MOLECULAR		kg/kmol	23,73		23,73		
19 Cp/Cv		-	1,328		1,328		
20 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1		1		
21 VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)		m ³ /h			0,03171		
22 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m ³			916,2		
23 VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T		cSt			1,835		
24 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA SAÍDA DA VÁLVULA							
25 TEMPERATURA		°C	110		110		
26 VAZÃO DE GÁS OU VAPOR		kg/h	562,6865375		376,1		
27 PESO MOLECULAR		kg/kmol	23,73		23,73		
28 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1		1		
29 VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T		m ³ /h			0,03171		
30 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m ³			916,2		
31 VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)		-	Lugar seguro	Lugar seguro	Lugar seguro		
32 CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED		kg/cm ² g					
33 CONTRAPRESSÃO BUILT-UP		kg/cm ² g					
34 CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA		kg/cm ² g					
35 CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
36 PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA)		kg/cm ² g					
37 PRESSÃO DE DISPARO (outras)		kg/cm ² g					
38 BALANCEADA (sim/não)		~					
39 PILOTADA (sim/não)		~					
40 ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA		polegadas 2					
41 ORIFÍCIO API ESTIMADO		~					
42 COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
43 MARCA E MODO DA VÁLVULA		kg/cm ² g					
44 PRESSÃO DE DISPARO		kg/cm ² g					
45 BALANCEADA (sim/não)		~					
46 PILOTADA (sim/não)		~					
47 ORIFÍCIO API INSTALADO		~					
48 VALIDEZ DA VÁLVULA (4)		~					
49 NOTAS :							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO : Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				Válvulas de segurança			
UNIDADE :				Pág. 2 de 13			
VÁLVULAS DE SEGURANÇA							
1 CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2 VÁLVULA Nº				PSV - 2			
3 Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)				1			
4 EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)				C - 5			
5 PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO		kg/cm²q	1,03323				
6 TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO		°C	25				
7 PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO		kg/cm²q	3,5				
8 TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO		°C	80				
9 NATUREZA DO FLUIDO				Mistura orgânica			
10 COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS (% peso / ppm p)							
11 CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)				Fogo	Falha serviço	Bloqueio	
12 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA ENTRADA DA VÁLVULA							
13 PRESSÃO DE ACIONAMENTO		kg/cm²q	3,5		3,5		
14 MÁXIMA SOBREPRESSÃO		%	10		10		
15 PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESS		kg/cm²q	3,85		3,85		
16 TEMPERATURA DE DESCARGA		°C	80		80		
17 VAZÃO DE DESCARGA GÁS OU VAPOR		kg/h	162,0866987				
18 PESO MOLECULAR		kg/kmol	18,74				
19 Cp/Cv		-	1,311				
20 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1				
21 VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)		m³/h			0,3467		
22 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m³			1043		
23 VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T		cSt			1,532		
24 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA SAÍDA DA VÁLVULA							
25 TEMPERATURA		°C	80		80		
26 VAZÃO DE GÁS OU VAPOR		kg/h	162,0866987				
27 PESO MOLECULAR		kg/kmol	18,74				
28 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1				
29 VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T		m³/h			0,3467		
30 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m³			1043		
31 VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)		-	Lugar seguro	Lugar seguro	Lugar seguro		
32 CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED		kg/cm²q					
33 CONTRAPRESSÃO BUILT-UP		kg/cm²q					
34 CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA		kg/cm²q					
35 CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
36 PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA)		kg/cm²q					
37 PRESSÃO DE DISPARO (outras)		kg/cm²q					
38 BALANCEADA (sim/não)		~					
39 PILOTADA (sim/não)		~					
40 ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA		polegadas 2					
41 ORIFÍCIO API ESTIMADO		~					
42 COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
43 MARCA E MODO DA VÁLVULA		kg/cm²q					
44 PRESSÃO DE DISPARO		kg/cm²q					
45 BALANCEADA (sim/não)		~					
46 PILOTADA (sim/não)		~					
47 ORIFÍCIO API INSTALADO		~					
48 VALIDEZ DA VÁLVULA (4)		~					
49 NOTAS :							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO : Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				Válvulas de segurança			
UNIDADE :				Pág. 3 de 13			
VÁLVULAS DE SEGURANÇA							
1 CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2 VÁLVULA Nº				PSV - 3			
3 Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)				1			
4 EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)				C - 6			
5 PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO		kg/cm²q	1,03323				
6 TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO		°C	25				
7 PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO		kg/cm²q	3,5				
8 TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO		°C	80				
9 NATUREZA DO FLUIDO				Mistura orgânica			
10 COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS (% peso / ppm p)							
11 CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)				Fogo	Falha serviço	Bloqueio	
12 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA ENTRADA DA VÁLVULA							
13 PRESSÃO DE ACIONAMENTO		kg/cm²q	3,5		3,5		
14 MÁXIMA SOBREPRESSÃO		%	10		10		
15 PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESS		kg/cm²q	3,85		3,85		
16 TEMPERATURA DE DESCARGA		°C	80		80		
17 VAZÃO DE DESCARGA GÁS OU VAPOR		kg/h	99,5312376				
18 PESO MOLECULAR		kg/kmol	19,42				
19 Cp/Cv		-	1,147				
20 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1				
21 VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)		m³/h			0,2645		
22 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m³			1035		
23 VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T		cSt			1,141		
24 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA SAÍDA DA VÁLVULA							
25 TEMPERATURA		°C	80		80		
26 VAZÃO DE GÁS OU VAPOR		kg/h	99,5312376				
27 PESO MOLECULAR		kg/kmol	19,42				
28 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1				
29 VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T		m³/h			0,2645		
30 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m³			1035		
31 VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)		-	Lugar seguro	Lugar seguro	Lugar seguro		
32 CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED		kg/cm²q					
33 CONTRAPRESSÃO BUILT-UP		kg/cm²q					
34 CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA		kg/cm²q					
35 CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
36 PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA)		kg/cm²q					
37 PRESSÃO DE DISPARO (outras)		kg/cm²q					
38 BALANCEADA (sim/não)		~					
39 PILOTADA (sim/não)		~					
40 ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA		polegadas 2					
41 ORIFÍCIO API ESTIMADO		~					
42 COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
43 MARCA E MODO DA VÁLVULA		kg/cm²q					
44 PRESSÃO DE DISPARO		kg/cm²q					
45 BALANCEADA (sim/não)		~					
46 PILOTADA (sim/não)		~					
47 ORIFÍCIO API INSTALADO		~					
48 VALIDEZ DA VÁLVULA (4)		~					
49 NOTAS :							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO : Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				Válvulas de segurança			
UNIDADE :				Pág. 4 de 13			
VÁLVULAS DE SEGURANÇA							
1 CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2 VÁLVULA Nº				PSV - 4			
3 Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)				1			
4 EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)				C - 8			
5 PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO		kg/cm ² g	1,03323				
6 TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO		°C	25				
7 PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO		kg/cm ² g	3,5				
8 TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO		°C	80				
9 NATUREZA DO FLUIDO				Mistura orgânica			
10 COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS (% peso / ppm p)							
11 CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)				Fogo	Falha serviço	Bloqueio	
12 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA ENTRADA DA VÁLVULA							
13 PRESSÃO DE ACIONAMENTO		kg/cm ² g	3,5		3,5		
14 MÁXIMA SOBREPRESSÃO		%	10		10		
15 PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESS		kg/cm ² g	3,85		3,85		
16 TEMPERATURA DE DESCARGA		°C	80		80		
17 VAZÃO DE DESCARGA GÁS OU VAPOR		kg/h	592,5734225				
18 PESO MOLECULAR		kg/kmol	126,9				
19 Cp/Cv		-	1,539				
20 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1				
21 VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)		m ³ /h			0,1003		
22 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m ³			1002		
23 VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T		cSt			1,791		
24 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA SAÍDA DA VÁLVULA							
25 TEMPERATURA		°C	80		80		
26 VAZÃO DE GÁS OU VAPOR		kg/h	592,5734225				
27 PESO MOLECULAR		kg/kmol	126,9				
28 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1				
29 VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T		m ³ /h			0,1003		
30 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m ³			1002		
31 VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)		-	Lugar seguro	Lugar seguro	Lugar seguro		
32 CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED		kg/cm ² g					
33 CONTRAPRESSÃO BUILT-UP		kg/cm ² g					
34 CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA		kg/cm ² g					
35 CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
36 PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA)		kg/cm ² g					
37 PRESSÃO DE DISPARO (outras)		kg/cm ² g					
38 BALANCEADA (sim/não)		~					
39 PILOTADA (sim/não)		~					
40 ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA		polegadas 2					
41 ORIFÍCIO API ESTIMADO		~					
42 COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
43 MARCA E MODO DA VÁLVULA		kg/cm ² g					
44 PRESSÃO DE DISPARO		kg/cm ² g					
45 BALANCEADA (sim/não)		~					
46 PILOTADA (sim/não)		~					
47 ORIFÍCIO API INSTALADO		~					
48 VALIDEZ DA VÁLVULA (4)		~					
49 NOTAS :							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO : Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				Válvulas de segurança			
UNIDADE :				Pág. 5 de 13			
VÁLVULAS DE SEGURANÇA							
1 CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2 VÁLVULA Nº				PSV - 5			
3 Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)				1			
4 EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)				C - 9			
5 PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO		kg/cm²q	1,89				
6 TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO		°C	170,2				
7 PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO		kg/cm²q	3,68				
8 TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO		°C	200				
9 NATUREZA DO FLUIDO				Mistura orgânica			
10 COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS (% peso / ppm p)							
11 CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)				Fogo	Falha serviço	Bloqueio	
12 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA ENTRADA DA VÁLVULA							
13 PRESSÃO DE ACIONAMENTO		kg/cm²q	3,68	3,68	3,68		
14 MÁXIMA SOBREPRESSÃO		%	10	10	10		
15 PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESS		kg/cm²q	4,048	4,048	4,048		
16 TEMPERATURA DE DESCARGA		°C	200	200	200		
17 VAZÃO DE DESCARGA GÁS OU VAPOR		kg/h	293,9760308	19,19833791			
18 PESO MOLECULAR		kg/kmol	166,1	166,1			
19 Cp/Cv		-	1,021	1,021			
20 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1	1			
21 VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)		m³/h			0,06894		
22 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m³			752,5		
23 VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T		cSt			0,2875		
24 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA SAÍDA DA VÁLVULA							
25 TEMPERATURA		°C	200	200	200		
26 VAZÃO DE GÁS OU VAPOR		kg/h	293,9760308	19,19833791			
27 PESO MOLECULAR		kg/kmol	166,1	166,1			
28 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1	1			
29 VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T		m³/h			0,06894		
30 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m³			752,5		
31 VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)		-	Lugar seguro	Lugar seguro	Lugar seguro		
32 CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED		kg/cm²q					
33 CONTRAPRESSÃO BUILT-UP		kg/cm²q					
34 CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA		kg/cm²q					
35 CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
36 PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA)		kg/cm²q					
37 PRESSÃO DE DISPARO (outras)		kg/cm²q					
38 BALANCEADA (sim/não)		~					
39 PILOTADA (sim/não)		~					
40 ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA		polegadas 2					
41 ORIFÍCIO API ESTIMADO		~					
42 COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
43 MARCA E MODO DA VÁLVULA		kg/cm²q					
44 PRESSÃO DE DISPARO		kg/cm²q					
45 BALANCEADA (sim/não)		~					
46 PILOTADA (sim/não)		~					
47 ORIFÍCIO API INSTALADO		~					
48 VALIDEZ DA VÁLVULA (4)		~					
49 NOTAS :							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO : Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				Válvulas de segurança			
UNIDADE :				Pág. 6 de 13			
VÁLVULAS DE SEGURANÇA							
1 CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2 VÁLVULA Nº				PSV - 6			
3 Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)				1			
4 EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)				C - 10			
5 PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO		kg/cm ² g	1,19				
6 TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO		°C	135,4				
7 PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO		kg/cm ² g	3,5				
8 TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO		°C	165				
9 NATUREZA DO FLUIDO				Mistura orgânica			
10 COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS (% peso / ppm p)							
11 CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)				Fogo	Falha serviço	Bloqueio	
12 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA ENTRADA DA VÁLVULA							
13 PRESSÃO DE ACIONAMENTO		kg/cm ² g	3,5		3,5		
14 MÁXIMA SOBREPRESSÃO		%	10		10		
15 PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESS		kg/cm ² g	3,85		3,85		
16 TEMPERATURA DE DESCARGA		°C	165		165		
17 VAZÃO DE DESCARGA GÁS OU VAPOR		kg/h	310,2340135				
18 PESO MOLECULAR		kg/kmol	99,54				
19 Cp/Cv		-	2,162				
20 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1				
21 VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)		m ³ /h			0,04984		
22 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m ³			892,1		
23 VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T		cSt			0,3155		
24 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA SAÍDA DA VÁLVULA							
25 TEMPERATURA		°C	165		165		
26 VAZÃO DE GÁS OU VAPOR		kg/h	310,2340135				
27 PESO MOLECULAR		kg/kmol	99,54				
28 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1				
29 VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T		m ³ /h			0,04984		
30 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m ³			892,1		
31 VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)		-	Lugar seguro	Lugar seguro	Lugar seguro		
32 CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED		kg/cm ² g					
33 CONTRAPRESSÃO BUILT-UP		kg/cm ² g					
34 CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA		kg/cm ² g					
35 CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
36 PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA)		kg/cm ² g					
37 PRESSÃO DE DISPARO (outras)		kg/cm ² g					
38 BALANCEADA (sim/não)		~					
39 PILOTADA (sim/não)		~					
40 ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA		polegadas 2					
41 ORIFÍCIO API ESTIMADO		~					
42 COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
43 MARCA E MODO DA VÁLVULA		kg/cm ² g					
44 PRESSÃO DE DISPARO		kg/cm ² g					
45 BALANCEADA (sim/não)		~					
46 PILOTADA (sim/não)		~					
47 ORIFÍCIO API INSTALADO		~					
48 VALIDEZ DA VÁLVULA (4)		~					
49 NOTAS :							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO : Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				Válvulas de segurança			
UNIDADE :				Pág. 7 de 13			
VÁLVULAS DE SEGURANÇA							
1 CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2 VÁLVULA Nº				PSV - 7			
3 Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)				1			
4 EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)				C - 11			
5 PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO		kg/cm²q	1,03323				
6 TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO		°C	25				
7 PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO		kg/cm²q	3,5				
8 TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO		°C	80				
9 NATUREZA DO FLUIDO				Mistura orgânica			
10 COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS (% peso / ppm p)							
11 CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)				Fogo	Falha serviço	Bloqueio	
12 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA ENTRADA DA VÁLVULA							
13 PRESSÃO DE ACIONAMENTO		kg/cm²q	3,5		3,5		
14 MÁXIMA SOBREPRESSÃO		%	10		10		
15 PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESS		kg/cm²q	3,85		3,85		
16 TEMPERATURA DE DESCARGA		°C	80		80		
17 VAZÃO DE DESCARGA GÁS OU VAPOR		kg/h	613,1393333				
18 PESO MOLECULAR		kg/kmol	166,1				
19 Cp/Cv		-	1,021				
20 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1				
21 VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)		m³/h			0,06894		
22 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m³			752,5		
23 VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T		cSt			0,2875		
24 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA SAÍDA DA VÁLVULA							
25 TEMPERATURA		°C	80		80		
26 VAZÃO DE GÁS OU VAPOR		kg/h	613,1393333				
27 PESO MOLECULAR		kg/kmol	166,1				
28 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1				
29 VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T		m³/h			0,06894		
30 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m³			752,5		
31 VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)		-	Lugar seguro	Lugar seguro	Lugar seguro		
32 CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED		kg/cm²q					
33 CONTRAPRESSÃO BUILT-UP		kg/cm²q					
34 CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA		kg/cm²q					
35 CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
36 PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA)		kg/cm²q					
37 PRESSÃO DE DISPARO (outras)		kg/cm²q					
38 BALANCEADA (sim/não)		~					
39 PILOTADA (sim/não)		~					
40 ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA		polegadas 2					
41 ORIFÍCIO API ESTIMADO		~					
42 COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
43 MARCA E MODO DA VÁLVULA		kg/cm²q					
44 PRESSÃO DE DISPARO		kg/cm²q					
45 BALANCEADA (sim/não)		~					
46 PILOTADA (sim/não)		~					
47 ORIFÍCIO API INSTALADO		~					
48 VALIDEZ DA VÁLVULA (4)		~					
49 NOTAS :							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO : Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				Válvulas de segurança			
UNIDADE :				Pág. 8 de 13			
VÁLVULAS DE SEGURANÇA							
1 CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2 VÁLVULA Nº				PSV - 8			
3 Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)				1			
4 EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)				C - 12			
5 PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO		kg/cm²q	1,22				
6 TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO		°C	287,9				
7 PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO		kg/cm²q	3,5				
8 TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO		°C	320				
9 NATUREZA DO FLUIDO				Mistura orgânica			
10 COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS (% peso / ppm p)							
11 CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)				Fogo	Falha serviço	Bloqueio	
12 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA ENTRADA DA VÁLVULA							
13 PRESSÃO DE ACIONAMENTO		kg/cm²q	3,5	3,5	3,5		
14 MÁXIMA SOBREPRESSÃO		%	10	10	10		
15 PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESS		kg/cm²q	3,85	3,85	3,85		
16 TEMPERATURA DE DESCARGA		°C	320	320	320		
17 VAZÃO DE DESCARGA GÁS OU VAPOR		kg/h	171,9325638	0,256862776			
18 PESO MOLECULAR		kg/kmol	176,2	176,2			
19 Cp/Cv		-	1,019	1,019			
20 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1	1			
21 VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)		m³/h			0,05873		
22 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m³			737,1		
23 VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T		cSt			0,2438		
24 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA SAÍDA DA VÁLVULA							
25 TEMPERATURA		°C	320	320	320		
26 VAZÃO DE GÁS OU VAPOR		kg/h	171,9325638	0,256862776			
27 PESO MOLECULAR		kg/kmol	176,2	176,2			
28 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1	1			
29 VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T		m³/h			0,05873		
30 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m³			737,1		
31 VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)		-	Lugar seguro	Lugar seguro	Lugar seguro		
32 CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED		kg/cm²q					
33 CONTRAPRESSÃO BUILT-UP		kg/cm²q					
34 CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA		kg/cm²q					
35 CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
36 PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA)		kg/cm²q					
37 PRESSÃO DE DISPARO (outras)		kg/cm²q					
38 BALANCEADA (sim/não)		~					
39 PILOTADA (sim/não)		~					
40 ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA		polegadas 2					
41 ORIFÍCIO API ESTIMADO		~					
42 COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
43 MARCA E MODO DA VÁLVULA		kg/cm²q					
44 PRESSÃO DE DISPARO		kg/cm²q					
45 BALANCEADA (sim/não)		~					
46 PILOTADA (sim/não)		~					
47 ORIFÍCIO API INSTALADO		~					
48 VALIDEZ DA VÁLVULA (4)		~					
49 NOTAS :							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO : Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				Válvulas de segurança			
UNIDADE :				Pág. 9 de 13			
VÁLVULAS DE SEGURANÇA							
1 CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2 VÁLVULA Nº				PSV - 9			
3 Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)				1			
4 EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)				C - 13			
5 PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO		kg/cm²q	0,918				
6 TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO		°C	158,5				
7 PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO		kg/cm²q	3,5				
8 TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO		°C	190				
9 NATUREZA DO FLUIDO				Mistura orgânica			
10 COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS (% peso / ppm p)							
11 CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)				Fogo	Falha serviço	Bloqueio	
12 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA ENTRADA DA VÁLVULA							
13 PRESSÃO DE ACIONAMENTO		kg/cm²q	3,5		3,5		
14 MÁXIMA SOBREPRESSÃO		%	10		10		
15 PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESS		kg/cm²q	3,85		3,85		
16 TEMPERATURA DE DESCARGA		°C	190		190		
17 VAZÃO DE DESCARGA GÁS OU VAPOR		kg/h	85,9006444				
18 PESO MOLECULAR		kg/kmol	128,6				
19 Cp/Cv		-	1,03				
20 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1				
21 VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)		m³/h			0,01127		
22 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m³			761,9		
23 VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T		cSt			0,3175		
24 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA SAÍDA DA VÁLVULA							
25 TEMPERATURA		°C	190		190		
26 VAZÃO DE GÁS OU VAPOR		kg/h	85,9006444				
27 PESO MOLECULAR		kg/kmol	128,6				
28 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1				
29 VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T		m³/h			0,01127		
30 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m³			761,9		
31 VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)		-	Lugar seguro	Lugar seguro	Lugar seguro		
32 CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED		kg/cm²q					
33 CONTRAPRESSÃO BUILT-UP		kg/cm²q					
34 CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA		kg/cm²q					
35 CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
36 PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA)		kg/cm²q					
37 PRESSÃO DE DISPARO (outras)		kg/cm²q					
38 BALANCEADA (sim/não)		~					
39 PILOTADA (sim/não)		~					
40 ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA		polegadas 2					
41 ORIFÍCIO API ESTIMADO		~					
42 COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
43 MARCA E MODO DA VÁLVULA		kg/cm²q					
44 PRESSÃO DE DISPARO		kg/cm²q					
45 BALANCEADA (sim/não)		~					
46 PILOTADA (sim/não)		~					
47 ORIFÍCIO API INSTALADO		~					
48 VALIDEZ DA VÁLVULA (4)		~					
49 NOTAS :							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO : Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				Válvulas de segurança			
UNIDADE :				Pág. 10 de 13			
VÁLVULAS DE SEGURANÇA							
1 CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2 VÁLVULA Nº				PSV - 10			
3 Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)				1			
4 EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)				C - 14			
5 PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO		kg/cm²q	1,03323				
6 TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO		°C	70				
7 PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO		kg/cm²q	3,5				
8 TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO		°C	100				
9 NATUREZA DO FLUIDO				Mistura orgânica			
10 COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS (% peso / ppm p)							
11 CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)				Fogo	Falha serviço	Bloqueio	
12 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA ENTRADA DA VÁLVULA							
13 PRESSÃO DE ACIONAMENTO		kg/cm²q	3,5		3,5		
14 MÁXIMA SOBREPRESSÃO		%	10		10		
15 PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESS		kg/cm²q	3,85		3,85		
16 TEMPERATURA DE DESCARGA		°C	100		100		
17 VAZÃO DE DESCARGA GÁS OU VAPOR		kg/h	13,95139289				
18 PESO MOLECULAR		kg/kmol	2,414				
19 Cp/Cv		-	1,404				
20 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1				
21 VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)		m³/h			0,04001		
22 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m³			959,4		
23 VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T		cSt			1,45		
24 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA SAÍDA DA VÁLVULA							
25 TEMPERATURA		°C	100		100		
26 VAZÃO DE GÁS OU VAPOR		kg/h	13,95139289				
27 PESO MOLECULAR		kg/kmol	2,414				
28 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1				
29 VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T		m³/h			0,04001		
30 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m³			959,4		
31 VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)		-	Lugar seguro	Lugar seguro	Lugar seguro		
32 CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED		kg/cm²q					
33 CONTRAPRESSÃO BUILT-UP		kg/cm²q					
34 CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA		kg/cm²q					
35 CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
36 PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA)		kg/cm²q					
37 PRESSÃO DE DISPARO (outras)		kg/cm²q					
38 BALANCEADA (sim/não)		~					
39 PILOTADA (sim/não)		~					
40 ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA		polegadas 2					
41 ORIFÍCIO API ESTIMADO		~					
42 COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
43 MARCA E MODO DA VÁLVULA		kg/cm²q					
44 PRESSÃO DE DISPARO		kg/cm²q					
45 BALANCEADA (sim/não)		~					
46 PILOTADA (sim/não)		~					
47 ORIFÍCIO API INSTALADO		~					
48 VALIDEZ DA VÁLVULA (4)		~					
49 NOTAS :							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO : Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				Válvulas de segurança			
UNIDADE :				Pág. 11 de 13			
VÁLVULAS DE SEGURANÇA							
1 CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2 VÁLVULA Nº				PSV - 11			
3 Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)				1			
4 EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)				C - 15			
5 PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO		kg/cm ² g	1,03323				
6 TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO		°C	125				
7 PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO		kg/cm ² g	3,5				
8 TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO		°C	155				
9 NATUREZA DO FLUIDO				Mistura orgânica			
10 COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS (% peso / ppm p)							
11 CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)				Fogo	Falha serviço	Bloqueio	
12 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA ENTRADA DA VÁLVULA							
13 PRESSÃO DE ACIONAMENTO		kg/cm ² g	3,5		3,5		
14 MÁXIMA SOBREPRESSÃO		%	10		10		
15 PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESS		kg/cm ² g	3,85		3,85		
16 TEMPERATURA DE DESCARGA		°C	155		155		
17 VAZÃO DE DESCARGA GÁS OU VAPOR		kg/h	1097,926456		146,7		
18 PESO MOLECULAR		kg/kmol	47,35		47,35		
19 Cp/Cv		-	1,163		1,163		
20 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1		1		
21 VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)		m ³ /h					
22 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m ³					
23 VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T		cSt					
24 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA SAÍDA DA VÁLVULA							
25 TEMPERATURA		°C	155		155		
26 VAZÃO DE GÁS OU VAPOR		kg/h	1097,926456		146,7		
27 PESO MOLECULAR		kg/kmol	47,35		47,35		
28 FATOR DE COMPRESSIBILIDADE		-	1		1		
29 VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T		m ³ /h					
30 DENSIDADE LÍQUIDO @P, T		kg/m ³					
31 VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)		-	Lugar seguro	Lugar seguro	Lugar seguro		
32 CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED		kg/cm ² g					
33 CONTRAPRESSÃO BUILT-UP		kg/cm ² g					
34 CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA		kg/cm ² g					
35 CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
36 PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA)		kg/cm ² g					
37 PRESSÃO DE DISPARO (outras)		kg/cm ² g					
38 BALANCEADA (sim/não)		~					
39 PILOTADA (sim/não)		~					
40 ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA		polegadas 2					
41 ORIFÍCIO API ESTIMADO		~					
42 COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
43 MARCA E MODO DA VÁLVULA		kg/cm ² g					
44 PRESSÃO DE DISPARO		kg/cm ² g					
45 BALANCEADA (sim/não)		~					
46 PILOTADA (sim/não)		~					
47 ORIFÍCIO API INSTALADO		~					
48 VALIDEZ DA VÁLVULA (4)		~					
49 NOTAS :							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

PROJETO : Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde			Válvulas de segurança		
UNIDADE :			Pág. 12 de 13		
VÁLVULAS DE SEGURANÇA					
1 CARACTERÍSTICAS GERAIS					
2 VÁLVULA Nº			PSV - 12		
3 Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)			1		
4 EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)			C - 16		
5	PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO	kg/cm ² g	1,03323		
6	TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO	°C	25		
7	PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO	kg/cm ² g	3,5		
8	TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO	°C	80		
9 NATUREZA DO FLUIDO			Mistura orgânica		
10 COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS (% peso / ppm p)					
11 CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)			Fogo	Falha serviço	Bloqueio
12 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA ENTRADA DA VÁLVULA					
13	PRESSÃO DE ACIONAMENTO	kg/cm ² g	3,5		3,5
14	MÁXIMA SOBREPRESSÃO	%	10		10
15	PRES. DE DESCARGA (Pd _{isp} +SOBREPRESS	kg/cm ² g	3,85		3,85
16	TEMPERATURA DE DESCARGA	°C	80		80
17	VAZÃO DE DESCARGA GÁS OU VAPOR	kg/h	673,489379		146,7
18	PESO MOLECULAR	kg/kmol	47,35		47,35
19	Cp/Cv	-	1,163		1,163
20	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	1		1
21	VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)	m ³ /h			
22	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m ³			
23	VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T	cSt			
24 CONDIÇÕES DE DESCARGA NA SAÍDA DA VÁLVULA					
25	TEMPERATURA	°C	80		80
26	VAZÃO DE GÁS OU VAPOR	kg/h	673,489379		146,7
27	PESO MOLECULAR	kg/kmol	47,35		47,35
28	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	1		1
29	VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T	m ³ /h			
30	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m ³			
31	VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)	-	Lugar seguro	Lugar seguro	Lugar seguro
32	CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED	kg/cm ² g			
33	CONTRAPRESSÃO BUILT-UP	kg/cm ² g			
34	CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA	kg/cm ² g			
35 CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA					
36	PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA)	kg/cm ² g			
37	PRESSÃO DE DISPARO (outras)	kg/cm ² g			
38	BALANCEADA (sim/não)	~			
39	PILOTADA (sim/não)	~			
40	ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA	polegadas 2			
41	ORIFÍCIO API ESTIMADO	~			
42 COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES					
43	MARCA E MODO DA VÁLVULA	kg/cm ² g			
44	PRESSÃO DE DISPARO	kg/cm ² g			
45	BALANCEADA (sim/não)	~			
46	PILOTADA (sim/não)	~			
47	ORIFÍCIO API INSTALADO	~			
48	VALIDEZ DA VÁLVULA (4)	~			
49	NOTAS :				
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
Rev.	Por				
Data	Aprovado				

PROJETO: Produção industrial de Ibuprofeno via síntese verde													Resumo Válv. de segurança							
UNIDADE:													Pág. 13 de 13							
RESUMO DE VÁLVULAS DE SEGURANÇA																				
CASOS DE DESCARGA																				
VÁLVULA		SERVIÇO		TAMANHO E TIPO		SET Pres. kg/cm ² g		FOGO			FALHA SERVIÇO			FALHA ELÉTRICA			OUTRAS			
								kg/h	PM	(°C)	kg/h	PM	(°C)	kg/h	PM	(°C)	VAPOR kg/h	PM	LÍQUIDO m3/h	Dens.
1	6	PSV - 1	C - 4		3,5	562,7	23,73	110	-	-	-	-	-	376,1	23,73	-	-	110	Bloqueio	
2	7	PSV - 2	C - 5		3,5	162,1	18,74	80	-	-	-	-	-	0	-	0,347	1043	80	Bloqueio	
3	8	PSV - 3	C - 6		3,5	99,53	19,42	80	-	-	-	-	-	0	-	0,265	1035	80	Bloqueio	
4	9	PSV - 4	C - 8		3,5	592,6	126,9	80	-	-	-	-	-	0	-	0,1	1002	80	Bloqueio	
5	10	PSV - 5	C - 9		3,68	294	166,1	200	19,2	166,1	200	-	-	0	-	0,069	752,5	200	Bloqueio	
6	11	PSV - 6	C - 10		3,5	310,2	99,54	165	-	-	-	-	-	0	-	0,05	892,1	165	Bloqueio	
7	12	PSV - 7	C - 11		3,5	613,1	166,1	80	-	-	-	-	-	0	-	0,069	752,5	80	Bloqueio	
8	13	PSV - 8	C - 12		3,5	171,9	176,2	320	0,257	176,2	320	-	-	0	-	0,059	737,1	320	Bloqueio	
9	14	PSV - 9	C - 13		3,5	85,9	128,6	190	-	-	-	-	-	0	-	0,011	761,9	190	Bloqueio	
10	15	PSV - 10	C - 14		3,5	13,95	2,414	100	-	-	-	-	-	0	-	0,04	959,4	100	Bloqueio	
11	16	PSV - 11	C - 15		3,5	1098	47,35	155	-	-	-	-	-	146,7	47,35	-	-	155	Bloqueio	
12	17	PSV - 12	C - 16		3,5	673,5	47,35	80	-	-	-	-	-	146,7	47,35	-	-	80	Bloqueio	
13	18																			
14	19																			
15	20																			
16	21																			
17	22																			
18	23																			
19	24																			
20	25																			
21	26																			
22	27	TOTAL																		
NOTAS :																				
28	(1) Bloqueio, falha válvula controle, falha refluxo, etc.																			
29																				
30																				
31																				
32																				
33																				
34																				
Rev.		Por																		
Data		Aprovado																		

##	PROJETO :	Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				SERVIÇOS AUXILIARES			
	UNIDADE :	SERVIÇOS AUXILIARES				Pág.	1	de	4
CONSUMO DE SERVIÇOS AUXILIARES (AGUA DE REFRIGERAÇÃO)									
1	CASO DE PROJETO :								
2	EQUIPAMENTO		DESCRIÇÃO	CONSUMO (m³/h) (1,2)			NOTAS		
3									
4	E-3		TROCADOR DE CALOR (CONDENSADOR C-9)	0,0707			2 h/BATELADA		
5	E-5		TROCADOR DE CALOR (CONDENSADOR C-12)	0,00252			2 h/BATELADA		
6	E-7		TROCADOR DE CALOR	0,00056					
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41	TOTAL			0,07378					
42	NOTAS :								
43									
44									
45									
46									
47									
48									
49									
50									
51									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
	Rev.	Por							
	Data	Aprovado							

PROJETO :		Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde										SERVIÇOS AUXILIARES			
UNIDADE :												Pág. 2 de 4			
CONSUMO DE SERVIÇOS AUXILIARES (CONSUMO DE VAPOR E GERAÇÃO DE CONDENSADOS)															
1 CASO DE PROJETO :															
2		VAPOR (t/h)						CONDENSADOS (t/h)						NOTAS	
3		EQUIPAMENTO		MUITO ALTA		ALTA		MÉDIA		BAIXA		MUITO BAIXA			
kg/cm² g				kg/cm² g		kg/cm² g		kg/cm² g		kg/cm² g					
°C				°C		°C		°C		°C					
4		38	390	16	297	4,5	70	0,0014	0,042	0,0012	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25 TOTAL															
26 NOTAS :															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
Rev. Data		Por		Aprovado											

PROJETO :		Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				SERVIÇOS AUXILIARES	
UNIDADE :		SERVIÇO AUXILIAR ELETRICIDADE				Pág.	3 de 4
<p align="center">CONSUMO DE SERVIÇOS AUXILIARES (ELETRICIDADE)</p>							
1	CASO DE PROJETO :						
2	EQUIPAMENTO		DESCRIÇÃO		CONSUMO (kw h/h)		NOTAS
3							
4	P-1	BOMBA		7,56		0,5 h/BATELAD	
5	P-2	BOMBA		11,06		0,5 h/BATELAD	
6	P-3	BOMBA		21,56		0,25 h/BATELAD	
7	P-4	BOMBA		29,9		0,25 h/BATELAD	
8	P-5	BOMBA		9,72		0,25 h/BATELAD	
9	P-6	BOMBA		27,36		0,5 h/BATELAD	
10	P-7	BOMBA		22,16		0,25 h/BATELAD	
11	P-8	BOMBA DE REFLUXO COLUNA C-9		16		2 h/BATELADA	
12	P-9	BOMBA		3,32		0,25 h/BATELAD	
13	P-10	BOMBA DE REFLUXO COLUNA C-12		0,28		2 h/BATELADA	
14	P-11	BOMBA		7,66		0,25 h/BATELAD	
15	P-12	BOMBA		100,6		0,25 h/BATELAD	
16	P-14	BOMBA		3,64		0,25 h/BATELAD	
17	P-17	BOMBA		12,008		0,25 h/BATELAD	
18	P-18	BOMBA		144,8		0,25 h/BATELAD	
19	P-21	BOMBA		20,8		0,5 h/BATELAD	
20	P-22	BOMBA		0,64		0,25 h/BATELAD	
21	P-25	BOMBA		7,1		0,25 h/BATELAD	
22	P-27	BOMBA		17,34		0,25 h/BATELAD	
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41	TOTAL				463,508		
42	NOTAS :						
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
Rev.		Por					
Data		Aprovado					

PROJETO :		Produção industrial de ibuprofeno via síntese verde				SERVIÇOS AUXILIARES			
UNIDADE :		SERVIÇO AUXILIAR				Pág.	4	de	4
CONSUMO DE SERVIÇOS AUXILIARES (AR, AMÔNIA)									
1	CASO DE PROJETO :								
2	EQUIPAMENTO	DESCRIÇÃO	CONSUMOS (kg/h)			NOTAS			
3			A. PLANTA	A. INSTRUM.	AMÔNIA				
4	E-1	TROCADOR DE CALOR			2,73	0,25 h/BATELAD			
5	VÁL. DE CONTROLE	45 VÁLVULAS DE CONTROLE		90					
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41	TOTAL			90	2,73				
42	NOTAS:								
43									
44									
45									
46									
47									
48									
49									
50									
51									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
Rev.		Por							
Data		Aprovado							

REFERÊNCIAS

- ANSEL, Howard C.; POPOVICH, Nicholas G.; ALEN JR, Loyd V. Farmacotécnica: formas farmacêuticas e sistemas de liberação de fármacos. In: Farmacotécnica: formas farmacêuticas e sistemas de liberação de fármacos. Premier, 2000.
- BATLOUNI, Michel. Anti-inflamatórios não esteroides: Efeitos cardiovasculares, cérebro-vasculares e renais. Arq. Bras. Cardiol., São Paulo, v. 94, n. 4, p. 556-563, Apr. 2010.
- BERMUDEZ, Jorge. Medicamentos genéricos: uma alternativa para o mercado brasileiro. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 368-378, Sept. 1994.
- BUSHRA, Rabia et al. An overview of clinical pharmacology of Ibuprofen. Oman Med J, v. 25, n. 3, p. 155-1661, 2010.
- CABRA, L., de Lucas, A., Ruíz, F. and Ramos, M.J., 2010. Metodologías del diseño aplicado y gestión de proyectos para Ingenieros Químicos. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. Cuenca.
- CAO, E. Intercambiadores de Calor. 1983
- ÇENGEL, Y. A. Tranferência de calor y Massa. Um Enfoque Prático. Terceira Edição. Mac Graw Hill. 2007.
- Chen L, Chang BK, Lu Y, Yang W, Tatarchuk BJ. Selective catalytic oxidation of CO for fuel cell application. Fuel Chemistry Division Preprints. 2002 Aug 18;47(2):609-10.
- CIAVOTTA, Michele; MELONI, Carlo; PRANZO, Marco. Scheduling dispensing and counting in secondary pharmaceutical manufacturing. AIChE journal, v. 55, n. 5, p. 1161-1170, 2009.
- CORRÊA, Arlene G.; ZUIN, Vânia G. Química Verde: fundamentos e aplicações. São Carlos: EdUFSCar, 2009.
- CREMASCO M. Fundamentos de Transferência de Massa, 2ª. Edição revista, Editora UNICAMP. 2002.
- DA SILVA, Flavia Martins; DE LACERDA, Paulo Sérgio Bergo; JUNIOR, Joel Jones. Desenvolvimento sustentável e química verde. Quim. Nova, v. 28, n. 1, p. 103-110, 2005.

FAIR, J. R., J. L. Bravo, I. Chem. E. Symp. Ser. 104, p. A183, 1987

FEBRAFAR. Ims: mercado farmacêutico deve atingir r\$ 87 bilhões em 2017. Disponível em: < <http://febrafar.com.br/ims-mercado-farmaceutico-deve-atingir-r-87-bilhoes-em-2017/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

FERRAZ, Humberto Gomes. Comprimidos de ibuprofeno: formulação e avaliação do perfil de dissolução. 1993. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FitzGerald GA. COX-2 and beyond; approaches to prostaglandin inhibition in human disease. Nat Rev Drug Discov 2003, London; (2): 879-90.

FORBES.<http://www.forbes.com.br/listas/2015/07/15-maiores-empresas-farmaceuticas-do-mundo/#foto5>

FRANÇOSO, Mariane Santos; STRACHMAN, Eduardo. O desenvolvimento da indústria farmacêutica no Brasil e na Índia: um estudo comparativo. Revista de Economia, v. 39, n. 1, p. 91-112, 2013.

FRANK, O., Chem. Eng., March 14, p. 110, 1977

IMS. Institute for Healthcare Informatics. The Global Use of Medicines: Outlook Through 2016. Disponível em: https://www.imshealth.com/files/web/IMSH%20Institute/Reports/The%20Global%20Use%20of%20Medicines%20Outlook%20Through%202016/Medicines_Outlook_Through_2016_Report.pdf. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

INCROPERA, F. P., Dewitt, D. P., Bergman, T. L. e Lavine, A. S. Fundamentos de Transferência de Calor e Massa. Sexta Edição. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 2008.

KISTER, H. Z.; “Distillation Design”. McGraw-Hill, 1992

LOYD V.; ALLEN Jr. Formas farmacêuticas e sistemas de liberação de fármacos. Tradução Elenara Lemos-Senna. 8ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

LUDWIG, E. E., Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, vol2, 2d Ed., Gulf Publishing, Houston, 1979.

MACEDO, M. F. et al. Sobre Patentes Farmacêuticas no Brasil. Revista Fitos Eletrônica, [S.l.], v. 2, n. 02, p. 25-29, out. 2013. ISSN 2446-4775.

MALERBA, F. & ORSENIGO, L. (2001). "Innovation and market structure in the dynamics of the pharmaceutical industry and biotechnology: towards a history friendly model." Druid Nelson And Winter Conference, Aalborg.

MANKIW, Bibliografia Básica. NG Introdução à economia: São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2009. PINHO, DB; VASCONCELLOS, MAS de (Orgs.). Manual de Economia: equipe de professores da USP, v. 5.

MARQUES, Luísa. Ibuprofeno: um fármaco com sucesso. 2009.

MCGETTIGAN, Patricia; HENRY, David. Use of non-steroidal anti-inflammatory drugs that elevate cardiovascular risk: an examination of sales and essential medicines lists in low-, middle-, and high-income countries. PLoS Med, v. 10, n. 2, p. e1001388, 2013.

MONTEIRO, E.C.A., TRINDADE, J.M.D.F., Duarte, A.L.B.P. and Chahade, W.H., 2008. Os antiinflamatórios não esteroidais (AINEs). Temas de reumatologia clínica, 9(2), pp.53-63.

NISHIJIMA, Marislei; BIASOTO JR., Geraldo; LAGROTERIA, Eleni. A competição no mercado farmacêutico brasileiro após uma década de medicamentos genéricos: uma análise de rivalidade em um mercado regulado. Econ. soc., Campinas , v. 23, n. 1, p. 155-186, Apr. 2014.

ORTIZ, MÁRCIA DE ÁVILA; DE CURSO, MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO. REAÇÕES ÁTOMO-ECONÔMICAS EM SÍNTESE ORGÂNICA. Pelotas, 2007.

PALMER, E. Top 20 generic molecules worldwide. www.fiercepharma.com, 2012.

PARASHAR, Rakesh Kumar. Reaction Mechanisms in Organic Synthesis. December 2008, Wiley-Blackwell.

PETERS, Max Stone Et al. Plant design and economics for chemical engineers. New York: McGraw-Hill, 1968.

PINHEIRO, Pedro. IBUPROFENO – INDICAÇÕES, EFEITOS ADVERSOS E DOSES, 2016.

PRADO, Alexandre GS. Química verde, os desafios da química do novo milênio. Química Nova, v. 26, n. 5, p. 738-744, 2003.

QUIMESP. Disponível em : <<http://www.quimesp.com.br/>>. Acesso em: 21 de novembro de 2016.

ROSE BD. NSAIDs: Acute renal failure and nephrotic syndrome. UpToDate. June 2007.

RUBIO POLÁN, Jessica. Análisis ambiental de una planta industrial de ibuprofeno. 2014.

SANSEVERINO, A. M. (15 de setembro de 1999). SÍNTESE ORGÂNICA LIMPA.

SANTOS, Emerson; FERREIRA Maria Alice. A INDÚSTRIA FARMACÊUTICA E A INTRODUÇÃO DE MEDICAMENTOS GENÉRICOS NO MERCADO BRASILEIRO. Nexos Econômicos – CME-UFBA. v. 6, n. 2, dez. 2012.

SCHNITZER TJ et al. Comparison of lumiracoxib with naproxen and ibuprofen in the Therapeutic Arthritis Research and Gastrointestinal Event Trial (TARGET), reduction in ulcer complications: randomized controlled trial. *Lancet* 2004. London; (364): 665-74.

SILVA, F. M.; LACERDA, P. S. B. de; JÚNIOR, J. J.; *Quím. Nova* 2005, 28, 1.

SILVEIRA, Ana Débora Porto. Química Verde: Princípios e Aplicações. 2015. Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de São João del-Rei.

SILVERSTEIN FE, et al. Gastrointestinal toxicity with celecoxib vs. non-steroidal anti-inflammatory drugs of osteoarthritis and rheumatoid arthritis: the CLASS study: randomized controlled trial. Celecoxib Long-term Arthritis Safety Study. *JAMA* 2000, Chicago; (284): 1247-55

TAIT K. Pharmaceutical industry. *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. 1998:79-4.

TEIXEIRA, Angélica. A indústria farmacêutica no Brasil: um estudo do impacto socioeconômico dos medicamentos genéricos. 2014. 1 CD-ROM. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Econômicas) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Letras (Campus de Araraquara), 2014.

TOWLER, G. e Sinnott, R. Chemical Engineering Desing. Principles, Practice and Economics of Plant and Process Desing. Butterworth-Heinemann. 2008.

TUNDO, P.; Anastas, P.; Black, D. S.; Breen, J.; Collins, T.; Memoli, S.; Myiamoto, J.; Polyakoff, M.; Tumas, W.; Pure Appl. Chem. 2000, 72, 1207.

VANE, John R.; BOTTING, Regina M. Mechanism of action of nonsteroidal anti-inflammatory drugs. The American journal of medicine, v. 104, n. 3, p. 2S-8S, 1998.

VITAL, T. J., S. S. Grossel, P. I. Olsen, Hydrocarb. Proc. 63, p. 75, 1984

WARREN, McCabe; JULIAN, SMITH. Operaciones unitarias en ingenieria quimica. 1199p, 1998.